

**Fuel injection system has pressure in the reservoir chamber controlled by regulating quantity of fuel sucked into reservoir chamber by driving suction valve based on measured pressure**

Publication number: DE10044514

Publication date: 2001-03-15

Inventor: KOBAYASHI KAZUO (JP)

Applicant: DENSO CORP (JP)

Classification:

- international: F02D41/38; F02M63/02; F02D41/24; F02D41/38;  
F02M63/00; F02D41/00; (IPC1-7): F02M63/00;  
F02D1/06

- European: F02D41/38C6B; F02M63/02C

Application number: DE20001044514 20000908

Priority number(s): JP19990255578 19990909

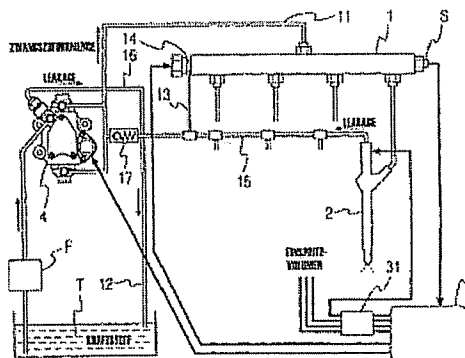
Also published as:

JP2001082230 (A)

Report a data error here

**Abstract of DE10044514**

The device has a pressure reservoir chamber (1) for high pressure fuel, an injection valve (2), a fuel delivery pump (4), a pressure sensor (S) for the reservoir chamber and a controller that controls the pressure in the reservoir chamber by regulating the quantity of fuel sucked into the reservoir chamber by driving a suction valve based on the measured pressure.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 44 514 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 M 63/00**  
F 02 D 1/06

②1 Aktenzeichen: 100 44 514.4  
②2 Anmeldetag: 8. 9. 2000  
④3 Offenlegungstag: 15. 3. 2001

DE 100 44 514 A 1

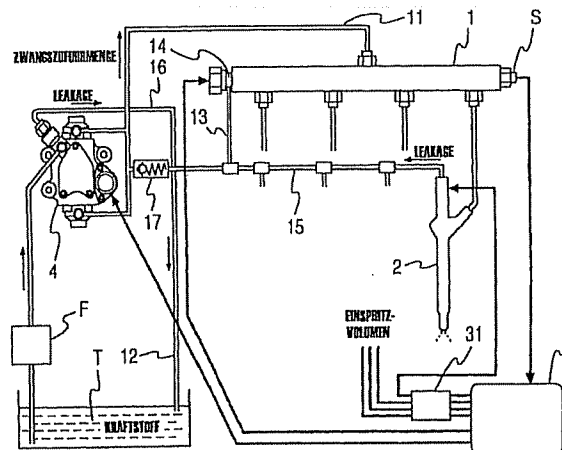
③0 Unionspriorität:  
11/255578 09. 09. 1999 JP  
⑦1 Anmelder:  
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP  
⑦4 Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

⑦2 Erfinder:  
Kobayashi, Kazuo, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Kraftstoffeinspritzgerät

⑤7 Bei einem Kraftstoffeinspritzgerät der Saugmessart wird die Abweichung des tatsächlichen Saugvolumens von dem bestimmten Saugvolumen verringert, indem die Schwankungen der Messeigenschaften eines Saugmessventils (8) korrigiert werden, die durch Instrumentenfehler und Temperatureigenschaften bewirkt werden, wodurch die Kraftstoffdrucksteuerleistung verbessert ist. Der Kraftstoffdruck in einer Common Rail, in der ein in die Zylinder eines Verbrennungsmotors einzuspritzender Kraftstoff bei Hochdruck gespeichert ist, wird mittels eines Kraftstoffsensors (S) erfasst. Auf der Basis dieses erfassten Ergebnisses treibt eine ECU (3) das Saugmessventil (8) an, wodurch das Volumen des in Druckbeaufschlagungskammern (52, 62) gesaugten Kraftstoffes gesteuert wird. Eine Saugstartstromberechnungseinrichtung der ECU (3) treibt das Saugmessventil (8) bei einem ein Nullsaugvolumen garantierenden Strom an und berechnet auf der Grundlage der Änderung des Kraftstoffdruckes innerhalb der Common Rail, wenn sich der Antriebsstrom aus diesem Zustand allmählich erhöht oder verringert, den Saugstartstromwert, bei dem das Saugmessventil (8) tatsächlich mit dem Saugen beginnt. Durch ein Korrigieren der Messeigenschaften auf der Grundlage dieses Saugstartstromwertes werden die durch die Instrumentenfehler des Saugmessventils (8) und dergleichen bewirkten Schwankungen im Saugvolumen verringert. Demgemäß wird die Steuerleistung verbessert.



DE 100 44 514 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf ein Kraftstoffeinspritzgerät und genauer gesagt auf ein Kraftstoffeinspritzgerät, das den Kraftstoffdruck innerhalb einer Druckspeicherkammer unter Verwendung einer Kraftstofflieferpumpe steuert, die mit einem Saugmessventil ausgerüstet ist.

Bei einem Kraftstoffeinspritzgerät der Common-Rail-Art, das als ein Kraftstoffeinspritzgerät für Dieselmotoren bekannt ist, wird unter hohem Druck stehender Kraftstoff in einer Druckspeicherkammer (Common Rail) gespeichert, die für die jeweiligen Zylinder gemeinsam vorhanden ist. Dann wird der Kraftstoff über ein mit der Common-Rail verbundenes Einspritzventil in jeden Zylinder bei einer vorbestimmten Zeitabstimmung eingespritzt. Der unter hohem Druck stehende Kraftstoff wird von einer Kraftstofflieferpumpe mit variablem Ausstoss in die Common-Rail zwangsweise zugeführt, und durch ein Steuern dieses Druckzufuhrvolumens wird der Kraftstoffdruck innerhalb der Common-Rail auf der Grundlage eines Rückkopplungssignals geregelt. Als eine derartige Kraftstofflieferpumpe ist eine Kraftstofflieferpumpe herkömmlich verwendet worden, die mit einer Druckbeaufschlagungskammer für eine Druckbeaufschlagung des Kraftstoffes durch ein hin- und hergehendes Bewegen eines Kolbens ausgerüstet ist und die ein Solenoidventil zum Öffnen und Schließen des Kanals zu der Druckbeaufschlagungskammer verwendet. Eine derartige Pumpe führt eine sog. "Vorhubsteuerung" aus, um das während des Ausstossens zwangsweise zugeführte Volumen zu messen. Bei diesem Verfahren wird, nachdem der Kraftstoff in die Druckbeaufschlagungskammer gesaugt worden ist, das Solenoidventil nicht unmittelbar dann geschlossen, wenn der Kolben zu einem Zwangszufuhrhub geschoben wird. Daher wird überschüssiger Kraftstoff ausgestossen, indem das Ventil offengehalten wird, bis das Volumen des Kraftstoffes innerhalb der Druckbeaufschlagungskammer den vorbestimmten Wert erreicht hat. Das Zwangszufuhrvolumen wird durch ein Steuern der Öffnungszeit/Schließzeit des Solenoidventils gesteuert.

Da jedoch bei einer Kraftstofflieferpumpe mit dem Aufbau zum Messen des Volumens während des Ausstossens das Solenoidventil direkt dem Fluidruck innerhalb der Druckbeaufschlagungskammer unterworfen ist, ist ein hoher Druckwiderstand erforderlich. Als ein Ergebnis wird das Solenoidventil groß und kostspielig. Daher haben in der Vergangenheit Saugmesskraftstofflieferpumpen an Aufmerksamkeit gewonnen, die das zwangsweise zuzuführende Volumen während des Saugens bestimmen. Eine derartige Pumpe hat ein Saugmessventil zum Steuern des Volumens des in die Druckbeaufschlagungskammer zu saugenden Kraftstoffes und ein Rückschlagventil in dem Kanal, der von dem Saugmessventil zu der Druckbeaufschlagungskammer führt. Wenn eine vorbestimmte Menge an Kraftstoff zwangsweise in die Druckbeaufschlagungskammer durch ein Solenoidventil zugeführt wird, das als ein Saugmessventil wirkt, schließt das Rückschlagventil den Kanal zu der Druckbeaufschlagungskammer zwischen dem Start der Kraftstoffdruckbeaufschlagung und dem Ende des zwangsweisen Zuführens. Bei der Saugmessart beträgt der Druck des durch das Saugmessventil tretenden Kraftstoffes höchstens einige Hundert Pa und daher kann das Saugmessventil klein sein.

Zwei Verfahren sind zum Steuern des Saugvolumens mittels des Saugmessventils möglich. Bei einem Verfahren wird die Zeitspanne des durch das Ventilelement offenen gehaltenen Kanals verändert, während bei dem anderen Verfahren die Geschwindigkeit verändert wird, mit der das

Fluid hineinströmt, indem ein Drosselventil verwendet wird, das die Öffnungsfläche des Kanals ändert. Wenn die Kraftstofflieferpumpe eine Vielzahl an Druckbeaufschlagungskammern hat, die abwechselnd druckbeaufschlagt werden, erfordert das erste Verfahren ein Saugmessventil für jede Druckbeaufschlagungskammer. Da im Gegensatz dazu das zweite Verfahren das Saugvolumen einer Vielzahl an Druckbeaufschlagungskammern unter Verwendung von einem einzigen Saugmessventil steuern kann, bringt dieses Verfahren die Vorteile einer geringen Gesamtsystemgröße und geringer Kosten mit sich.

Jedoch verwendet das Verfahren, das die Öffnungsfläche steuert, eine Positionssteuerung, die das Anheben (den Hub) des Ventilelementes ändert, anstelle einer Ein-Ausschaltsteuerung des Saugmessventils. Daher sind hochgenaue Steuereigenschaften erforderlich. Beispielsweise bewirken verschiedene Faktoren, wie beispielsweise die Herstellungsschwankung bzw. -abweichung in bezug auf die Form der Öffnungsfläche des Saugmessventils, Instrumentenfehler wie beispielsweise die Schwankung der Federkraft des Federbauteils, das das Ventilelement anregt, und die durch die Temperatur beeinflusste Änderung der Kraftstoffviskosität und der Spulensaugkraft ein Abweichen des tatsächlichen Saugvolumens von dem bestimmten Saugvolumen.

Daher ist es unter Berücksichtigung dieses Problems die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Kraftstoffdruckbeaufschlagungssteuerleistung eines Kraftstoffeinspritzgerätes einer Saugmessart zu verbessern. Die vorliegende Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Korrigieren der Schwankung der Messeigenschaften des Saugmessventils, die durch Instrumentenfehler und eine Temperatureigenschaftsänderung bewirkt wird, und durch ein Verringern der Schwankung zwischen dem tatsächlichen Saugvolumen und dem bestimmten Saugvolumen.

Um diese Aufgabe und andere Ziele zu lösen, ist ein Kraftstoffeinspritzgerät mit folgenden Elementen versehen: mit einer Druckspeicherkammer (1), in der ein Hochdruckkraftstoff gespeichert ist; einem Einspritzventil (2) für ein Einspritzen des in der Druckspeicherkammer (1) befindlichen Hochdruckkraftstoffes in die Zylinder eines Verbrennungsmotors; einer Kraftstofflieferpumpe (4), die den in eine Druckkammer (52, 62) über ein Saugmessventil (8) gesaugten Kraftstoff mit Druck beaufschlagt und diesen Kraftstoff in die Druckspeicherkammer (1) pumpt. Ein Drucksensor (S) ist vorgesehen, der den Druck des Kraftstoffes in der Druckspeicherkammer (1) erfasst. Eine Steuereinrichtung ist vorgesehen, die den Kraftstoffdruck in der Druckspeicherkammer (1) durch ein Steuern der Menge des in die Druckkammer (52, 62) gesaugten Kraftstoffes steuert. Das Volumen wird durch ein Antreiben des Saugmessventils (8) auf der Grundlage des durch den Drucksensor (S) erfassten Kraftstoffdruckes gesteuert. Die Steuereinrichtung hat eine Saugstartstromberechnungseinrichtung, die das Saugmessventil (8) bei einem vorbestimmten Strom antreibt. Auf der Grundlage der Änderung des Kraftstoffdruckes innerhalb der Druckspeicherkammer (1), wenn der Antriebsstrom graduell aus diesem Zustand verändert wird, berechnet die Saugstartstromberechnungseinrichtung den Saugstartstromwert, bei dem das Saugmessventil (8) tatsächlich das Saugen beginnt.

Die Beziehung zwischen dem Antriebsstrom des Saugmessventils (8) und dem Saugvolumen kann sich in Abhängigkeit von der Ventilöffnung und der Änderung der Federkonstante ändern. Folglich besteht ein Problem einer verringerten Steuerleistung, wenn der Unterschied zwischen dem bestimmten Saugvolumen und dem tatsächlichen Saugvolumen groß wird. Durch eine Konzentration auf den Umstand, dass die Wirkungen dieser Schwankungen hauptsächlich als

die Abweichung bei dem Saugstartstromwert auftreten, bei dem das Saugmessventil (8) tatsächlich das Saugen startet, erfasst die vorliegende Erfindung die Änderung des Kraftstoffdruckes innerhalb der Druckspeicherkammer (1) durch ein allmähliches Verändern des Antriebsstroms von dem Zeitpunkt an, bei dem das Saugmessventil (8) bei dem vorbestimmten Strom (Stromstärke) angetrieben wird. Wenn der Wert, der sich ergibt, wenn die Wirkungen des Kraftstoffspritzens und dergleichen von dieser Änderung ausgeschlossen sind, größer als Null ist, wird bestimmt, dass das Saugmessventil (8) mit dem Saugen begonnen hat. Daher kann der Saugstartstromwert von dem angewendeten Antriebsstrom bestimmt werden. Dieser Strom kann ebenfalls bestimmt werden, indem Korrekturen auf der Grundlage dieses Stromwertes ausgeführt werden. Daher kann die durch Instrumentenfehler und dergleichen bewirkte Schwankung bei dem Saugmessventil (8) verringert werden, womit das Steuervermögen bzw. die Steuerleistung des Saugmessventils (8) verbessert wird.

Bei einem anderen Aspekt der Erfindung ist der vorbestimmte Strom ein Strom, der ein Nullsaugvolumen durch das Saugmessventil (8) garantiert. Der Antriebsstrom wird allmählich von diesem Zustand verändert. Da kein Kraftstoff von der Kraftstofflieferpumpe (4) zu der Druckspeicherkammer (1) zwangsweise zugeführt wird, wenn die Saugstartstromberechnung beginnt, steigt daher der Druck innerhalb der Druckspeicherkammer (1) nicht an.

Bei einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung berechnet die Saugstartstromberechnungseinrichtung das tatsächliche Volumen des in die Druckspeicherkammer (1) zwangsweise zugeführten Kraftstoffes auf der Grundlage der Änderung des Kraftstoffdruckes innerhalb der Druckspeicherkammer (1), des eingespritzten Kraftstoffvolumens und der projizierten Kraftstoffleckage. Die Berechnungseinrichtung bestimmt, dass ein Saugen begonnen hat, wenn das in die Druckbeaufschlagungskammer (52, 62) gesaugte tatsächliche Volumen, das auf der Grundlage dieses tatsächlichen zwangsweise zugeführten Volumens berechnet wird, einen vorbestimmten Wert überschreitet, und berechnet den Saugstartstromwert auf der Grundlage des Antriebsstroms und des tatsächlichen eingesaugten Volumens.

Genauer gesagt kann die Änderung des Kraftstoffdruckes in ein Kraftstoffvolumen umgewandelt werden. Auf der Grundlage des Wertes, der sich aus dem Addieren des eingespritzten Kraftstoffvolumens und des projizierten Kraftstoffleckens (Leckage) zu diesem umgewandelten Wert ergibt, kann das Volumen des tatsächlich in die Druckspeicherkammer (1) zwangsweise zugeführten Kraftstoffes berechnet werden. Daher kann das tatsächliche eingesaugte Volumen unter Verwendung dieses tatsächlichen zwangsweise zugeführten Volumens und einer vorbestimmten Umwandlungstabelle bestimmt werden. Wenn dieser Wert einen vorbestimmten Wert überschreitet, wird bestimmt, dass das Saugen begonnen hat.

Wenn die Änderung des Antriebsstroms, bei dem ein Nullsaugvolumen garantiert werden kann (der Zustand bei dem vorbestimmten Strom), außerordentlich gering ist, wird der Antriebsstrom, der dann verwendet wird, wenn eine Saugstartbestimmung ausgeführt worden ist, als der Saugstartstromwert betrachtet. Wenn die Änderung des Antriebsstroms hoch ist, wird der Saugstartstromwert unter Verwendung des Antriebsstromes, der dann verwendet wird, wenn die Saugstartbestimmung ausgeführt worden ist, und der Formel berechnet, die die Beziehung zwischen dem Antriebsstrom und dem Saugvolumen wiedergibt.

Wenn bei einem anderen Aspekt der Kraftstoffdruck innerhalb der Druckspeicherkammer (1) einen vorbestimmten unteren Grenzwert erreicht oder bis unter diesen absinkt, be-

vor der Saugstartstromwert berechnet worden ist, treibt der Steuerbereich das Saugmessventil (8) bei einem Strom an, der das minimale Saugvolumen garantiert, bis der Kraftstoffdruck innerhalb der Druckspeicherkammer (1) einen vorbestimmten oberen Grenzwert erreicht.

Während der Berechnung des Saugstartstromwertes wird das Saugmessventil (8) bei einem Strom angetrieben, der ein Null-Saugvolumen garantiert. Jedoch wird, um zu verhindern, dass der Kraftstoffdruck innerhalb der Druckbeaufschlagungskammer (52, 62) auf einen zu niedrigen Wert abfällt, wenn der Null-Saugvolumenzustand gehalten wird, das Saugmessventil (8) bei einem Strom angetrieben, der das minimale Saugvolumen garantiert, wenn der Kraftstoffdruck innerhalb der Druckbeaufschlagungskammer (52, 62) den vorbestimmten unteren Grenzwert erreicht oder bis unterhalb diesen absinkt. In dieser Weise kann der Kraftstoffdruck innerhalb der Druckbeaufschlagungskammer (52, 62) innerhalb eines vorbestimmten Bereiches gehalten werden.

Bei einem anderen Aspekt der Erfindung wird der Strom, der das Null-Saugvolumen garantiert, spezifisch so eingestellt, dass er gleich oder kleiner als der minimale Saugstartstrom ist, wenn die projizierte Veränderung zu der Beziehung zwischen dem vorberechneten Antriebsstrom des Saugmessventils (8) und dem Saugvolumen addiert wird. Zusätzlich wird der Strom, der das minimale Saugvolumen garantiert, so eingestellt, dass er gleich oder größer als der maximale Stromwert ist, der dem vorbestimmten minimalen Saugvolumen entspricht, wenn die projizierte Veränderung der Beziehung zwischen dem vorberechneten Antriebsstrom des Saugmessventils (8) und dem Saugvolumen addiert wird. In dieser Weise kann ein Zustand erzielt werden, der ein Volumen zwischen dem Null-Saugvolumen und dem minimalen Saugvolumen garantiert.

Wenn bei einem anderen Aspekt der Erfindung das Saugmessventil (8) bei einem Strom angetrieben wird, der das minimale Saugvolumen garantiert, treibt der Steuerbereich das Saugmessventil (8) bei einem Strom an, der das minimale Saugvolumen während nur einem Teil einer Einfachsaugperiode garantiert. Wenn das Fassungsvermögen der Druckspeicherkammer (1) gering ist, kann, falls das Saugmessventil (8) bei dem Stromwert geöffnet wird, der das minimale Saugvolumen garantiert, der Druck innerhalb der Druckspeicherkammer (1) schnell ansteigen, was ein Steuern des Druckes innerhalb der Hochdruckkammer schwierig gestaltet. Daher kann ein schnelles Ansteigen des Druckes innerhalb der Druckspeicherkammer (1) verhindert werden, indem ein Teil einer Einzelsaugperiode bei einem Stromwert angetrieben wird, der das minimale Saugvolumen garantiert, und indem der Rest der Periode bei einem Strom angetrieben wird, der das Null-Saugvolumen garantiert.

Bei einem anderen Aspekt der Erfindung hat der Steuerbereich eine Antriebsstromberechnungseinrichtung, die den Antriebsstromwert zum Antreiben des Saugmessventils (8) aus dem Saugstartstromwert, bei dem das Saugmessventil (8) tatsächlich mit dem Saugen beginnt, dem bestimmten Saugvolumen, das auf der Grundlage des Kraftstoffdruckes innerhalb der Druckspeicherkammer (1) berechnet wird, und der Drehzahl des Motors berechnet, und eine Korrektur-einrichtung, die den Saugstartstromwert auf der Grundlage des Wertes erkennt und korrigiert, der durch die Saugstartstromberechnungseinrichtung berechnet worden ist.

Der Antriebsstromwert zum Antreiben des Saugmessventils (8) wird mit Leichtigkeit berechnet, wenn er als Addition des bestimmten Saugvolumens, einer Drehzahl und des Saugstartstromwertes ausgedrückt wird. Dann kann das Korrigieren des Saugstartstromwertes auf der Grundlage des Wertes, der mittels der Saugstartstromberechnungseinrichtung berechnet worden ist, die Auswirkungen der Instru-

mentenfehler des Saugmessventils (8) und dergleichen verringern.

Bei einem anderen Aspekt der Erfindung wird das Berechnen des Saugstartstromwertes durch die Saugstartstromberechnungseinrichtung während des Startens oder während des Leerlaufens ausgeführt. Das Erkennen und Korrigieren des Saugstartstromwertes während des Startens oder während des Leerlaufens, d. h. das Nutzen der Periode, bei der das Auslassvolumen gering ist, kann für ein genaues Verstehen der Messeigenschaften des Saugmessventils (8) sorgen.

Bei einem anderen Aspekt der Erfindung erfasst der Steuerbereich einen Kraftstoffaustritt durch ein Vergleichen des projizierten Abfalls des Druckes mit dem tatsächlichen Druckabfall während einer vorbestimmten Zeitspanne vor dem Berechnen des Saugstartstromwertes. Wenn ein Fehler ein Kraftstoffleck (Leckage) bei dem System bewirkt, wird eine genaue Berechnung des Saugstartstromwertes unmöglich. Daher ist es wünschenswert, an dieser Stelle eine Einrichtung zum Erfassen jeglichen Kraftstoffleckens zu haben.

Bei einem anderen Aspekt der Erfindung hat bei einem Kraftstoffeinspritzgerät, das mit der Druckspeicherkammer (1) dem Einspritzventil (2) der Kraftstofflieferpumpe (4), dem Drucksensor (S) und dem Steuerbereich versehen ist, der Steuerbereich eine Antriebsstromberechnungseinrichtung, die den Antriebsstromwert I zum Antreiben des Saugmessventils (8) gemäß dem nachstehend aufgezeigten Ausdruck berechnet:

$$I = I_{\text{offset}} + F1(Q_{\text{in}}, N_e) \times \alpha$$

Hierbei ist mit I offset der Saugstartstromwert bezeichnet, bei dem das Saugmessventil (8) tatsächlich mit dem Saugen beginnt, ist mit  $Q_{\text{in}}$  das bestimmte Saugvolumen bezeichnet, das auf dem Kraftstoffdruck innerhalb der Druckspeicherkammer (1) basiert, ist mit  $N_e$  die Drehzahl des Motors bezeichnet und ist mit  $\alpha$  ein Korrekturkoeffizient bezeichnet, wobei eine Korrekturereinrichtung entweder den Saugstartstromwert oder den Korrekturkoeffizienten oder beide in Erfahrung bringt und korrigiert. Die Korrekturereinrichtung berechnet den Saugstartstromwert oder den Korrekturkoeffizienten auf der Grundlage des Ausdrucks, der die Beziehung zwischen dem Antriebsstromwert, dem bestimmten Saugvolumen und der Drehzahl ausdrückt, wenn das Saugmessventil (8) bei zumindest zwei stabilen Betriebszuständen angetrieben wird.

Während die Form des Saugmessventils (8) und die Änderung der Federeigenschaften hauptsächlich den Saugstartstromwert beeinflussen, beeinflusst die Temperaturkennlinie der Kraftstoffviskosität beispielsweise den Korrekturkoeffizienten in dem Ausdruck. Der Grund dafür liegt darin, dass die durch die Temperatur bewirkten Änderungen bei der Kraftstoffviskosität die Fließgeschwindigkeit verändern, womit bewirkt wird, dass der proportionale Koeffizient des Saugvolumens relativ zu der Öffnungsfläche schwankt. Daher berechnet die vorliegende Erfindung den Saugstartstromwert (I offset) und den Korrekturkoeffizienten ( $\alpha$ ) unter Verwendung von zwei Ausdrücken, die die Beziehung zwischen dem bestimmten Saugvolumen und dem Antriebsstromwert bei zwei unterschiedlichen Betriebsbedingungen ausdrücken. Dies geschieht für einen stabilen Zustand, bei dem die Drehzahl, der Kraftstoffdruck und dergleichen sich nur geringfügig ändern. In dieser Weise wird sowohl der Saugstartstromwert als auch der Korrekturkoeffizient berechnet. Das Ausführen von Korrekturen auf der Grundlage dieser berechneten Werte kann das Saugmessventil (8) näher zu seinen tatsächlichen Messeigenschaften bringen und

seine Leistung zum Steuern des Kraftstoffdruckes verbessern.

Bei einem anderen Aspekt der Erfindung ist das Saugmessventil (8) ein Solenoidventil, das das Saugvolumen durch ein Ändern der Öffnungsfläche des Kanales steuert. Da ein Verfahren, das die Öffnungsfläche steuert, genauere Steuereigenschaften erfordert, kann ein erheblicher Nutzen bewirkt werden, wenn die vorliegende Erfindung daran angewendet wird.

Bei einem anderen Aspekt der Erfindung verwendet der Steuerbereich eine Laststeuerung zum Steuern des Antriebsstroms zum Antreiben des Saugmessventils (8). Die Laststeuerung steuert den Antriebsstrom gemäß einem Stromanwendungsverhältnis (Lastwert) zum Steuern des Antriebsstromes. Daher kann dies zu einer kostengünstigen Steuerung führen. Außerdem ändern die Temperatureigenschaften des Widerstandes innerhalb der Spule des Saugmessventils (8) die Beziehung zwischen dem Lastwert und dem Antriebsstrom, was eine Verschiebung des Saugstartstromwertes und des Korrekturkoeffizienten in dem Ausdruck bewirkt. Die vorliegende Erfindung kann außerdem in diesem Fall angewendet werden und ein bedeutsamer Nutzen wird erzielt, da sowohl der Saugstartstromwert als auch der Korrekturkoeffizient mittels der Korrekturereinrichtung korrigiert werden können.

Weitere Anwendungsbereiche der vorliegenden Erfindung sind aus der nachstehend dargelegten detaillierten Beschreibung ersichtlich. Es sollte verständlich sein, dass die detaillierte Beschreibung und die bestimmten Beispiele, die bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung aufzeigen, lediglich zum Zwecke der Veranschaulichung aufgeführt sind, da verschiedene Änderungen und Abwandlungen innerhalb des Umfangs der Erfindung für Fachleute aus dieser detaillierten Beschreibung offensichtlich sind.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines Kraftstoffeinspritzgerätes gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht einer Kraftstofflieferpumpe für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3 zeigt eine Querschnittsansicht entlang einer Linie III-III von Fig. 2 für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4(a) zeigt eine Querschnittsansicht des Kraftstoffkanals der Kraftstofflieferpumpe für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4(b) zeigt eine vergrößerte Ansicht eines Ausschnittes.

Fig. 5(a) zeigt eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen dem Antriebsstrom und dem Ventilanhub für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5(b) zeigt eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen dem Ventilanhub und der Öffnungsfläche für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5(c) zeigt eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen der Öffnungsfläche und dem Saugvolumen für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 zeigt eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen dem Antriebsstrom und dem Saugvolumen für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7(a) zeigt eine graphische Darstellung der Auswirkungen der Veränderungen bei den Beziehungen zwischen dem Antriebsstrom und dem Ventilhebebetrag (Ventilhub) bei den Messeigenschaften für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7(b) zeigt eine graphische Darstellung der Beziehungen zwischen dem Ventilhebebetrag (Ventilhub) und der Öffnungsfläche bei den Messeigenschaften für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7(c) zeigt eine graphische Darstellung der Beziehungen zwischen der Öffnungsfläche und dem Saugvolumen bei den Messeigenschaften für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 8 zeigt eine Blockdarstellung der Steuerlogik einer ECU für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 9 zeigt eine Blockabbildung der Einzelheiten einer Saugvolumenberechnungseinrichtung für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 10(a) zeigt eine graphische Darstellung einer allgemeinen Beziehung zwischen dem Antriebsstrom und dem Saugvolumen für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 10(b) zeigt eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen dem Antriebsstrom und dem Saugvolumen unter Verwendung eines Startstromwertes und eines Korrekturkoeffizienten für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 11 zeigt ein Flussdiagramm für ein Berechnen eines Saugstartstromwertes für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 12(a) zeigt eine graphische Darstellung zur Erläuterung des Steuerverfahrens für ein Halten des Druckes in der Common Rail innerhalb eines vorbestimmten Bereiches für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 12(b) zeigt eine Darstellung der Veränderung des Druckes in der Common Rail für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 13 zeigt eine graphische Darstellung der Messeigenschaften, wenn Saugmessventile mit unterschiedlichem Aufbau für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

Fig. 14(a) zeigt eine Abbildung zur Erläuterung des Verfahrens zum Berechnen eines Saugstartstromwertes für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 14(b) zeigt eine graphische Darstellung der Veränderungen des Druckes in der Common Rail für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 15(a) zeigt eine graphische Darstellung der Messeigenschaften eines Saugmessventils für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 15(b) zeigt eine graphische Darstellung eines Verfahrens zum Steuern des Antriebsstroms für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 15(c) zeigt eine Abbildung der Veränderungen der Saugfläche für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 16 zeigt eine graphische Darstellung des Flussdiagramms zum Berechnen des Saugstartstromwertes und des Korrekturkoeffizienten für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 17 zeigt eine Abbildung von Einzelheiten der tatsächlichen Saugvolumenberechnung bei dem Flussdiagramm von Fig. 16 für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 18 zeigt eine Abbildung von Einzelheiten einer Bestimmung eines stabilen Zustandes bei dem Flussdiagramm von Fig. 16 für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 19(a) zeigt eine Abbildung von Einzelheiten einer Bestimmung einer Korrekturbedingung für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 19(b) zeigt eine Abbildung von Einzelheiten einer Berechnung eines Saugstartstromwertes und eines Korrekturkoeffizienten für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 19(c) zeigt eine Abbildung von Einzelheiten einer Korrektur eines Saugstartstromwertes und eines Korrekturkoeffizienten bei dem Flussdiagramm von Fig. 16 für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 20(a) zeigt eine Abbildung zur Erläuterung der Anwendung des Laststerverfahrens für den Antriebsstrom für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 20(b) zeigt eine Abbildung der Beziehung zwischen dem Lastwert (DUTY-Wert) und dem bestimmten Antriebsstrom für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 20(c) zeigt eine Abbildung der Auswirkungen einer Spulentemperatur bei der Beziehung zwischen dem Lastwert und dem Wert des tatsächlichen Antriebsstroms und bei dem bestimmten Antriebsstrom für ein Kraftstoffeinspritzgerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

Die vorliegende Erfindung ist nachstehend detailliert erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Abbildung eines Common Rail-Kraftstoffeinspritzgerätes von einem Dieselmotor. Figur zeigt eine Common Rail 1, die eine Druckspeicherkammer ist, in der Kraftstoff mit einem hohen Druck gespeichert wird, der einem Kraftstoffeinspritzdruck entspricht. Eine Vielzahl an Kraftstoffeinspritzventilen 2 sind mit der Common Rail 1 verbunden und spritzen den Kraftstoff in die jeweiligen Zylinder des (in Fig. 1 nicht gezeigten) Dieselmotors ein. Hierbei ist nur ein Kraftstoffeinspritzventil 2 bei einem Vierzylindermotor gezeigt und die anderen Zylinder sind weggelassen worden. Eine ECU 3, die als ein Steuerbereich wirkt, bestimmt die optimale Einspritzzeit und das Einspritzvolumen (Einspritzperiode) entsprechend dem Zustand des Motors und treibt jedes Kraftstoffeinspritzventil 2 über eine EDU 31 an.

Der unter einem hohen Druck stehende und in der Common Rail 1 gespeicherte Kraftstoff wird von einer Kraftstofflieferspumpe 4 über einen Hochdruckkanal 11 geliefert. Die Kraftstofflieferspumpe 4 beaufschlagt den von einem Kraftstoffbehälter T herausgesaugten Niederdruckkraftstoff mit einem hohen Druck über einen Filter F und führt diesen Kraftstoff einem Hochdruckkanal 11 zwangsweise zu. Auf der Grundlage des Signals von einem Kraftstoffdrucksensor S, der ein in der Common Rail 1 vorgesehener Drucksensor ist, bestimmt die ECU 3 das Volumen zum Ausstoßen zu der Common Rail 1 und gibt ein Steuersignal zu der Kraftstofflieferspumpe 4 aus, wodurch der Druck in der Common Rail gesteuert wird. Das Verfahren zum Steuern des zwangsweise zugeführten Volumens von dieser Kraftstofflieferspumpe ist nachstehend beschrieben.

Die Common Rail 1 hat ein Druckverringerungsventil 14, das einen Kanal 13 öffnet und schließt, der zu einem Niederdruckkanal 12 führt, der mit einem Kraftstoffbehälter T verbunden ist. Das Ventil 14 kann den Druck in der Common Rail beispielsweise während einer Verzögerung schnell verringern. Darüber hinaus ist eine Druckbegrenzungseinrichtung 17 in der Mitte des Hochdruckkanals 11 vorgesehen, die als ein Sicherheitsventil wirkt, um zu verhindern, dass der Druck in der Common Rail anormal hoch ansteigt. Sowohl der von dem Kraftstoffeinspritzventil 2 leckende Kraftstoff als auch der von der Kraftstofflieferspumpe 4 leckende Kraftstoff kehrt von den Kanälen 15 und 16 jeweils zu dem Kraftstoffbehälter T über einen Niederdruckkanal 12 zurück.

Nachstehend sind die Einzelheiten der Kraftstofflieferspumpe 4 unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und 3 erläutert. Hierbei sind Zylinderköpfe 5 und 6 jeweils an der oberen bzw. unteren Fläche eines Pumpengehäuses 41 befestigt. Kolben 51 und 61 sind innerhalb der Zylinderköpfe 5 und 6

jeweils derart gestützt, dass die Kolben gleiten und sich hin- und herbewegen können. Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammern 52 und 62, die durch die Endflächen der Kolben 51 und 61 und die Innenwände der Zylinderköpfe 5 und 6 ausgebildet sind, sind jeweils oberhalb des Kolbens 51 und unterhalb des Kolbens 61 vorgesehen. Einem Kraftstoff mit niederem Druck wird ermöglicht, über Rückschlagventile 53 und 63 hineinzuströmen.

Wie dies in Fig. 2 gezeigt ist, ist eine Antriebswelle 2, die synchron mit einer halben Umdrehung des Motors gedreht wird, innerhalb des Pumpengehäuses 41 eingefügt und positioniert. Die Antriebswelle 42 ist über ein Wellenlager 43 drehbar gestützt. Ein Nocken 44 ist an dem Außenumfang in der Mitte der Antriebswelle 42 einstückig ausgebildet und die Kolben 51 und 61 sind an symmetrischen Positionen jeweils an der Oberseite und Unterseite über dem Nocken 44 positioniert.

Wie dies in Fig. 3 gezeigt ist, ist der Nocken 44 mit einem kreisartigen Querschnitt exzentrisch an der Antriebswelle 42 eingebaut. Ein rechtwinkliger Schuh 45 ist gleitfähig um seinen Außenumfang herum über eine Buchse 46 gehalten. Plattenbauteile 55 und 56, die mit den Kolben 51 und 61 einstückig sind, sind gegen die obere und untere Endfläche des Schuhs 45 durch die Drängkräfte von Federn 56 und 66 gedrückt. Wenn der mit der Antriebswelle 42 einstückige Nocken 44 sich dreht, gelangt der Schuh 46 in einen Umlauf entlang einer vorbestimmten kreisartigen Bahn. Dadurch wird eine hin und her gehende Bewegung der Plattenbauteile 55 und 56 an der oberen und unteren Endfläche des Schuhs 45 bewirkt. Dann werden die Kolben 51 und 61 nach oben und nach unten bewegt, wobei der Kraftstoff innerhalb der Druckbeaufschlagungskammern 52 und 62 mit Druck beaufschlagt wird.

Fig. 4(a) zeigt eine Abbildung der Bahnen zum Kraftstoffsaugen und zwangsweisen Zuführen. Obwohl der Vereinfachung wegen nur die Bahn zur Druckbeaufschlagungskammer 52 gezeigt ist, ist die Bahn zur Druckbeaufschlagungskammer 62 identisch. Die Kraftstofflieferpumpe 4 enthält eine Kraftstoffpumpe 71 der Innenzahnradart, die den Kraftstoff mit Druck beaufschlagt, der von einer mit einem Kraftstoffbehälter T verbundenen Kraftstoffeinführungsbahn 72 eingesaugt worden ist (siehe Fig. 1). Dieser Kraftstoff wird zu einem vorbestimmten niederen Druck mit Druck beaufschlagt und dann zu einem Kraftstoffdruckbehälter 74 von einem Kraftstoffkanal 73 befördert. Die Zufuhrpumpe 71 ist mit einem Druckeinstellventil 75 versehen, das verhindert, dass der Auslassdruck einen vorbestimmten Druck überschreitet.

Der Kraftstoff innerhalb des Kraftstoffdruckbehälters 74 wird in die Druckbeaufschlagungskammer über ein Saugmessventil 8 und ein Rückschlagventil 53 eingesaugt. Das Saugmessventil 8 ist zwischen dem Kraftstoffdruckbehälter 74 und einem zu dem Rückschlagventil 53 führenden Kraftstoffkanal 76 vorgesehen und hat ein Ventilelement 82, das innerhalb eines Gehäuses 81 gleitfähig gehalten ist, und eine Spule 83, die das Ventilelement 82 antreibt. Der Antriebsstrom der Spule 83 wird durch eine ECU 3 gesteuert. Wie dies in Fig. 4(b) gezeigt ist, sind ein mit dem Kraftstoffdruckbehälter 74 verbundener ringförmiger Kanal 74a und ein mit dem Kraftstoffkanal 76 verbundener Kanal 74b um den linken Rand des Ventilelementes 82 herum und zu der linken Seite des Ventilelementes 82 jeweils ausgebildet. Durch ein Ändern des Hubs des angeschrägten Ventilelementes 82 kann die Öffnungsfläche eingestellt werden, um die Einfließgeschwindigkeit zu verändern, wodurch das Volumen des in die Druckbeaufschlagungskammer 52 eingesaugten Kraftstoffes gesteuert wird.

Eine Betätigungskraft in der Richtung des Ventilschlie-

bens wird auf das Ventilelement 82 durch eine Feder 84 derart aufgebracht, dass das Ventilelement 82 geschlossen bleibt, wenn kein Strom zu der Spule 83 fließt. Wenn ein Strom zu der Spule 83 fließt, wird das Ventilelement 82 geöffnet, indem der Federkraft der Feder 84 Widerstand entgegengebracht wird, und der Grad der Ventilöffnung ändert sich gemäß dem Antriebsstromwert. Hierbei ist ein Anwenden einer Laststeuerung (DUTY-Steuerung) zum Steuern des Antriebsstroms zu der Spule 83 wünschenswert. Unter Verwendung der DUTY-Steuerung, die das Stromaufbringungsverhältnis oder Stromfließverhältnis (Lastwert oder DUTY-Wert) ändert, kann eine hochgenaue digitale Steuerung vorgesehen werden.

Ein Rückschlagventil 53 ist zwischen dem Kraftstoffkanal 76 und der Druckbeaufschlagungskammer 52 eingebaut. Im normalen Zustand wird das angeschrägte Ventilelement 53a des Rückschlagventils 53 durch eine Feder 53b nach oben angeregt und sitzt an einer Sitzfläche 53c, wodurch das Ventil geschlossen gehalten wird. Wenn der Niederdruckkraftstoff von dem Saugmessventil 8 über den Kraftstoffkanal 76 und den Kanal 53d einströmt, öffnet der Druck des Kraftstoffes das Ventilelement 53a und der Kraftstoff wird in die Druckbeaufschlagungskammer 52 eingesaugt. Wenn die Druckbeaufschlagung beginnt, wird das Ventilelement 53a durch den Druck des Kraftstoffes geschlossen, und dieser Zustand wird gehalten, bis der Kraftstoff zwangsweise zugeführt wird.

Der mit Druck beaufschlagte Kraftstoff wird von einem Auslassventil 77 über einen Zwangszufuhrdurchtritt 57 ausgestossen. Das Saugmessventil 8 ist außerdem mit einer Druckbeaufschlagungskammer 62 in Fig. 2 über einen in der Zeichnung nicht gezeigten Kraftstoffkanal verbunden und liefert Kraftstoff zu der Druckbeaufschlagungskammer 62 über ein Rückschlagventil 63. Der in der Druckbeaufschlagungskammer 62 mit Druck beaufschlagte Kraftstoff wird von einem Auslassventil 78 über einen Zwangszufuhrdurchtritt in der gleichen Weise ausgestossen. Die Auslassventile 77 und 78 wirken ebenfalls als Rückschlagventile und haben Kugelventile 77a und 78a und verhindern, dass der Kraftstoff von den Auslassöffnungen 77b und 78b zu den Zwangszufuhrdurchtritten 57 und 67 zurückströmt. Der von den Auslassöffnungen 77b und 78b ausgestossene unter hohem Druck stehende Kraftstoff vermengt sich in der Mitte und wird von dem Hochdruckkanal 11 zur Common Rail 1 geliefert (siehe Fig. 1).

Nachstehend ist die Wirkung der Kraftstofflieferpumpe 4 mit dem Aufbau gemäß der vorliegenden Erfindung erläutert. In Fig. 3 läuft, wenn sich der Nocken 44 aufgrund der Drehung der Antriebswelle 42 dreht, der Schuh 45 als Folge dessen um. Während dessen bewirken die hin und her gehenden Bewegungen der Plattenbauteile 55 und 56 der Kolben 51 und 61 an der oberen und unteren Endfläche des Schuhs 45 eine aufwärtige und abwärtige Bewegung der Kolben 51 und 61 innerhalb der Zylinderköpfe 5 und 6. Wenn der Schuh 45 umläuft, werden die Kolben 51 und 61 abwechselnd angehoben. In dem in der Zeichnung gezeigten Zustand befindet sich der Kolben 51 an dem oberen Totpunkt, während sich der Kolben 61 an dem unteren Totpunkt befindet. Wenn der Kolben 51, der sich an dem oberen Totpunkt befindet, nach unten bewegt, fällt der Druck innerhalb der Druckbeaufschlagungskammer 52 ab, und das Rückschlagventil 53 wird durch den Druck des Kraftstoffes geöffnet, wodurch bewirkt wird, dass der Kraftstoff von dem Kanal 53d zu der Druckbeaufschlagungskammer 52 eingesaugt wird. Wenn der Kolben 51 nach dem Erreichen des unteren Totpunktes (der durch den Kolben 61 in der Zeichnung gezeigte Zustand) erneut mit der aufwärtigen Bewegung beginnt, schließt das Rückschlagventil 53, steigt der



Kraftstoffdruck an, öffnet das Auslassventil 77 und wird der Hochdruckkraftstoff zwangsweise zu der Common Rail 1 zugeführt.

In dieser Weise ist die Kraftstofflieferpumpe 4 so aufgebaut, dass sie zwei Zyklen von Saug- und Zwangszuführhuben für jede Umdrehung der Antriebswelle 42 durchläuft. Das zwangsweise zuzuführende Volumen wird durch das Volumen des in die Druckbeaufschlagungskammern 52 und 62 eingesaugten Kraftstoffes gesteuert, und das Saugvolumen kann gesteuert werden, indem der Grad der Ventilöffnung des Saugmessventils 8 gesteuert wird. Somit wird die Öffnungsfläche durch dieses vorstehend beschriebene Steuern verändert. Da dieses Verfahren keine Vielzahl an Saugmessventilen 8 erfordert, bietet es den Vorteil eines kleinen Gestaltens des Gerätes. Jedoch erfordert es ebenfalls hochgenaue Steuereigenschaften, da das Ventilelement 82 auf der Grundlage der Positionssteuerung anstelle einer Ein-Aus-Steuerung gesteuert wird. Dies ist anhand der Fig. 5 bis 9 erläutert.

Wie dies in den Fig. 5(a) bis 5(c) gezeigt ist, haben der Antriebsstrom und der Ventilhub, der Ventilhub und die Öffnungsfläche beziehungsweise die Öffnungsfläche und das Saugvolumen pro Zwangszuführperiode (nachstehend als "Saugvolumen" bezeichnet) annähernd proportionale Beziehungen. Die Steigung bzw. die Neigung bei der Beziehung zwischen der Öffnungsfläche und dem Saugvolumen in Fig. 5(c) ändert sich in Übereinstimmung mit der Drehzahl. Aus diesen Beziehungen können die Messeigenschaften des Saugmessventils 8 (das heißt das Verhältnis zwischen dem Antriebsstrom und dem Saugvolumen) im Allgemeinen ausgedrückt werden, wie dies in Fig. 6 gezeigt ist. Jedoch ist ein Problem dahingehend vorhanden, dass diese Beziehungen in den Fig. 5(a) bis 5(c) aufgrund der Wirkungen von Instrumentenfehlern, Temperaturänderungen und dergleichen schwanken. Wenn sich beispielsweise die Federkraft der Feder 84 ändert, die das Saugmessventil 8 betätigt, wird der Antriebsstromwert des Beginns der Anhebung und der nachfolgenden Anhebungen beeinflusst. In ähnlicher Weise ändern die Schwankungen in Bezug auf die Form der Öffnung, die während der Herstellung auftreten, das Ventil anheben relativ zu der Öffnungsfläche, was folglich eine Änderung des Saugstartstromwertes bewirkt (siehe Fig. 7(b)). Darüber hinaus ändern die Änderungen der Umgebungstemperatur die Kraftstoffviskosität, was eine Änderung der Einfließgeschwindigkeit bewirkt, wobei folglich eine Änderung des Saugvolumens relativ zu der Öffnungsfläche (siehe Fig. 7(c)) und eine Änderung der Neigung der Saugvolumenkennlinie bewirkt wird.

Fig. 8 zeigt die Steuerlogik der ECU 3, wenn eine Rückkopplungssteuerung bei dem Common Rail-Druck angewendet wird. Verschiedene Arten an Informationen wie beispielsweise der tatsächliche Kraftstoffdruck der Common Rail 1, der durch den Kraftstoffdrucksensor S erfasst wird, und der Motordrehzahlwert und der Grad der Gaspedalöffnung von verschiedenen Arten an Sensoren werden in die ECU 3 von Zeit zu Zeit eingegeben. Um das bestimmte Zwangszuführvolumen zu bestimmen, wird ein Wert durch die Steuervolumenberechnungseinrichtung berechnet, um den tatsächlichen Kraftstoffdruck der Common Rail 1 so zu halten, dass er dem Zieldruck folgt. Außerdem werden das bestimmte Einspritzvolumen und das projizierte Leckagevolumen zu diesem Wert addiert, um das bestimmte Kraftzuführvolumen zu erhalten. Wie dies in Fig. 9 gezeigt ist, wandelt die Saugventilantriebsstromberechnungseinrichtung das bestimmte Zwangszuführvolumen in das bestimmte Saugvolumen unter Verwendung einer zweidimensionalen Tabelle um, die das Zwangszuführvolumen und den Kraftstoffdruck als Parameter verwendet, und wandelt

danach das bestimmte Saugvolumen in einen Antriebsstrom unter Verwendung einer Zweidimensionalen Tabelle um, die das Saugvolumen und die Drehzahl als Parameter verwendet.

Hierbei wird, wenn die Funktion  $f$  (Saugvolumen, Drehzahl) zum Berechnen des Antriebsstrom  $I$  des Saugmessventils 8 sich von den tatsächlichen Messeigenschaften des Saugmessventils 8 aufgrund der Änderungen unterscheidet, das tatsächliche Saugvolumen außerordentlich von dem bestimmten Saugvolumen abweichen. Daher definiert die vorliegende Erfindung den Antriebsstrom  $I$  unter Verwendung des nachstehend aufgeführten Ausdrucks (1)

$$I = f(\text{Saugvolumen, Drehzahl}) = I_{\text{offset}} + f_1(\text{bestimmtes Saugvolumen, Drehzahl}) \times \alpha \quad (1),$$

wobei eine Einrichtung vorgesehen ist, die entweder den Startstromwert  $I_{\text{offset}}$  oder den Korrekturkoeffizient  $\alpha$  oder beide erkennt und korrigiert.

Hierbei beeinflusst die Änderung bei dem Saugmessventil 8 in den Fig. 7(a) und 7(b) aufgrund von Instrumentenfehlern hauptsächlich den Saugstartstromwert  $I_{\text{offset}}$  bei den Messeigenschaften, und beeinflusst nicht die Steigung, das heißt den Korrekturkoeffizienten  $\alpha$  im großen Maße. Da darüber hinaus die Temperatureigenschaften der Kraftstoffviskosität bei Fig. 7(c) den Saugstartstromwert  $I_{\text{offset}}$  nicht beeinflussen und nur eine geringfügige Veränderung durch den Korrekturkoeffizient  $\alpha$  in der Nähe des Saugstartstromwertes  $I_{\text{offset}}$ , bei dem das Saugvolumen gering ist, bewirkt wird, ist es möglich einen Saugstartstromwert  $I_{\text{offset}}$  durch eine Berücksichtigung des Korrekturkoeffizienten  $\alpha$  als eine Konstante während des Startens zu berechnen. Während eines Startens mit geringer Drehzahl ändert sich das Saugvolumen außerordentlich in Übereinstimmung mit der Änderung des Stroms, und die Abweichungen bei dem Saugstartstromwert  $I_{\text{offset}}$  verschlechtern in hohem Maße das Steuervermögen und daher ist das Ausführen einer Korrektur bei einem frühzeitigen Zustand effektiver.

Genauer gesagt wird das Saugmessventil 8 bei dem Strom (vorbestimmter Strom) angetrieben, der ein Nullsaugvolumen garantiert, und der Antriebsstrom  $I$  wird aus diesem Zustand allmählich erhöht oder verringert. Danach wird für jeden Zwangszuführzyklus eine derartige Zugabe/Verbrauch von Kraftstoff wie das projizierte Leckagevolumen der Veränderung des Kraftstoffdruckes der Common Rail 1 hinzugefügt, um das Volumen des während jedes Zwangszuführzyklus eingesaugten Kraftstoffes zu berechnen. Dann wird unter Verwendung dieses berechneten Wertes und des Antriebsstromes  $I$  ein Saugstartstromwert  $I_{\text{offset}}$  auf der Grundlage des Ausdrucks (1) berechnet. Fig. 11 zeigt das Flussdiagramm zum Berechnen des Saugstartstromwertes  $I_{\text{offset}}$  auf der Grundlage dieser Logik. Es ist zu beachten, dass ein Fall nachstehend beschrieben ist, bei dem sowohl der Korrekturkoeffizient  $\alpha$  als auch der Saugstartstromwert  $I_{\text{offset}}$  erkannt und korrigiert werden.

Das Flussdiagramm in Fig. 11 ist nachstehend erläutert, wobei es in vier Blöcke (i) bis (iv) geteilt ist. Diese Routine wird für jeden Zwangszuführzyklus der Kolben 51 und 52 der Hochdrucklieferpumpe 4 gestartet und wird vor der Routine ausgeführt, die eine gewöhnliche Rückkopplungssteuerung (FB-Steuerung) des Druckes der Common Rail ausführt.

(i) Zunächst wird bei Schritt 101 bestimmt, ob die Erkennungsforderungsmarke eingeschaltet ist oder nicht, die der Bezug zum Bestimmen ist, ob ein Erkennen und eine Korrektur des Saugstartstromwertes  $I_{\text{offset}}$  erforderlich sind. Wenn die Erkennungsforderungsmarke



eingeschaltet ist, bestimmt Schritt 102, ob der Motor gestartet wird oder im Leerlauf sich befindet. Diese Routine wird ausgeführt, indem das Starten des Fahrzeuges oder eine Leerlaufperiode (wenn das Fahrzeug angehalten ist), bei der das Auslassvolumen gering ist, genutzt wird. Diese Routine ist insbesondere während des Startens wirkungsvoll, da der Motor anhalten kann, wenn der Kraftstoff aufgrund von Schwankungen nicht zwangsweise zugeführt werden kann. Das Ausführen dieser Routine während des Anhaltens des Fahrzeuges wird empfohlen, wenn das Erkennen während des Startens unzureichend gewesen ist oder wenn der erkannte Wert nicht aus irgendeinem Grund verwendet werden kann. Wenn die Entscheidung bei Schritt 102 negativ ist, stellt Schritt 103 das Zählglied zum Bestimmen, ob die Bedingung stabil ist, auf Null (das heißt  $A = 0$ ) und schaltet die Leckageerfassungsmarke zum Erfassen eines Kraftstoffleckens aus, und der Prozess geht zu Schritt 104 weiter. Selbst wenn die Erkennungsfordermarke bei Schritt 101 ausgeschaltet gewesen ist, geht der Prozess zu Schritt 104 weiter, wobei das Erkennen und die Korrektur als unnötig erachtet werden, und eine normale Rückkopplungssteuerung (FB-Steuerung) des Druckes der Common Rail wird ausgeführt. Es ist zu beachten, dass die Ausgangswerte der Erkennungsfordermarke, des Zählgliedes A und der Leckageerfassungsmarke jeweils auf EIN, 0 und AUS geschaltet sind.

(ii) Wenn bei Schritt 102 bestimmt worden ist, dass der Motor gestartet wird oder sich im Leerlauf befindet, wird der Motor bei einem Stromwert  $I_{\max}$  angetrieben, der das minimale Saugvolumen garantiert, oder bei dem Stromwert  $I_{\min}$  angetrieben, der das Nullsaugvolumen garantiert, bis der Saugstartstromwert I offset berechnet ist. Dadurch wird der Kraftstoffdruck der Common Rail 1 innerhalb des vorbestimmten Bereiches (zwischen dem oberen Grenzwert und dem unteren Grenzwert in Fig. 12(b)) gehalten. Zunächst vergleicht Schritt 105 den durch den Kraftstoffdrucksensor S erfassten Kraftstoffdruck mit diesem oberen Grenzwert und diesem unteren Grenzwert. Wenn der Kraftstoffdruck sich bei oder unterhalb des unteren Grenzwertes befindet, wird die Druckanstiegsmarke eingeschaltet. Wenn der Kraftstoffdruck sich bei oder oberhalb des oberen Grenzwertes befindet, wird die Druckanstiegsmarke ausgeschaltet und das Zählglied A wird auf Null gesetzt. Dann geht der Prozess zu Schritt 106 weiter. Bei Schritt 106 wird bestimmt, ob die Druckanstiegsmarke ausgeschaltet ist oder nicht. Wenn die Druckanstiegsmarke nicht ausgeschaltet ist, das heißt wenn die Druckanstiegsmarke eingeschaltet ist, wird der Antriebsstrom I bei Schritt 107 auf  $I_{\max}$  gesetzt, und die Routine wird beendet. Hierbei ist  $I_{\max}$  der Stromwert F, der das minimale Saugvolumen garantiert, das erforderlich ist, wenn die Beziehung zwischen dem Antriebsstrom und dem Saugvolumen die in Fig. 12(a) gezeigte Unbeständigkeit hat, und er wird entweder auf einen Stromwert C, der der größte Wert von möglichen Änderungsstromwerten ist, die das minimale Saugvolumen beibehalten, oder auf einen größeren Wert als diesen Wert eingestellt. Es ist zu beachten, dass, wenn der Kraftstoffdruck sich zwischen dem oberen Grenzwert und dem unteren Grenzwert befindet, der Prozess zu Schritt 106 weitergeht, während sowohl die Druckanstiegsmarke als auch das Zählglied A bei ihren gegenwärtigen Zuständen gehalten werden.

Bei (iii) wird der Motor bei einem Stromwert  $I_{\min}$  ange-

trieben, der das Nullsaugvolumen garantiert, und gleichzeitig wird ein durch eine Systemanormalität bewirktes Kraftstoffleckens erfasst. Zunächst wird bei Schritt 108 bestimmt, ob die Leckageerfassungsmarke eingeschaltet ist oder nicht, und wenn die Leckageerfassungsmarke ausgeschaltet ist, wird angenommen, dass keine Bestimmung eines Kraftstoffleckens ausgeführt worden ist, und bei Schritt 109 wird der Antriebsstrom  $I = I_{\min}$  eingestellt, und danach geht der Prozess zu Schritt 110 weiter. Hierbei ist der Wert  $I_{\min}$  der Stromwert D, der das Nullsaugvolumen bei Fig. 12(a) garantiert, und er wird entweder auf den Stromwert A, der der kleinste der möglichen Veränderungsstromwerte ist, oder auf einen größeren Wert als diesen Wert eingestellt. Fig. 12(b) zeigt, wie die Steuerung durch diese Schritte 105 bis 109 den Kraftstoffdruck ändert, wobei dadurch die Kraftstofflieferung sichergestellt wird und der Leerlaufzustand beibehalten wird. Es ist zu beachten, dass Fig. 12(a) einen Fall zeigt, bei dem ein Saugmessventil 8 geschlossen ist, wenn der in Fig. 4 gezeigte Strom nicht aufgebracht wird. Jedoch ist es ebenfalls möglich, ein Saugmessventil anzuwenden, das schließt, wenn der Strom aufgebracht wird, und in einem derartigen Fall wird die Beziehung zwischen dem Antriebsstrom und dem Saugvolumen in Bezug auf die in Fig. 13 gezeigte Beziehung umgekehrt. Es ist zu beachten, dass die folgende Erläuterung sich auf ein Saugmessventil 8 mit den in Fig. 13 gezeigten Messeigenschaften gründet.

In dieser Weise kann ein Kraftstoffleckens erfasst werden, indem das Saugmessventil 8 bei dem Stromwert  $I_{\min}$  angetrieben wird, der das Nullsaugvolumen garantiert, und indem der projizierte Druckabfall mit dem tatsächlichen Druckabfall (die durch Pfeile in Fig. 12(b) gezeigten Bereiche) während dieser Periode verglichen werden. Bei Schritt 110 wird zunächst bestimmt, ob das Zählglied A größer als  $n1$  ist oder nicht. Es ist zu beachten, dass unmittelbar nachdem die Druckanstiegsmarke von dem eingeschalteten Zustand in den ausgeschalteten Zustand übergeht und der Antriebsstrom I sich von  $I_{\max}$  nach  $I_{\min}$  ändert, beispielsweise bei Punkt a in Fig. 12(b), der in die Hochdrucklieferpumpe 4 gesaugte Kraftstoff zwangsweise zugeführt werden kann, was ein Schwanken des Druckes der Common Rail bewirkt. Daher wird  $n1$  auf einen Wert eingestellt, der ein Nullzwangszufuhrvolumen sicherstellt, beispielsweise  $n1 = 2$ . Wenn das Zählglied A gleich oder kleiner als  $n1$  bei Schritt 110 ist, wird der Wert des Zählgliedes A durch einen Wert A + 1 bei Schritt 114 ausgetauscht, und die Routine ist beendet.

Wenn der Wert des Zählgliedes A größer als  $n1$  ist, bestimmt der Schritt 111, ob ein Kraftstoffleckens vorhanden ist oder nicht. Die Ausdrücke (2) und (3) zum Erfassen des Kraftstoffleckens sind nachstehend gezeigt. Es ist zu beachten, dass das Einspritzvolumen und das projizierte Austrittsvolumen innerhalb der Kraftstoffdruckmusterperiode sind.

$$\text{Projiziertes Kraftstoffausstoßvolumen} = \text{Einspritzvolumen} + \text{projiziertes Austrittsvolumen} \quad (2)$$

$$\text{Kraftstoffaustrittsvolumen} = - \text{Kraftstoffdruckänderung} \times (\text{Hochdruckbereichsvolumen}) / (\text{Volumenelastizitätskoeffizient}) - \text{projiziertes Ausstoßvolumen} \quad (3)$$

Anders ausgedrückt wird der Unterschied zwischen dem Kraftstoffvolumen, der dem tatsächlichen Druckabfall entspricht, und dem projizierten Kraftstoffausstoßvolumen als das Kraftstoffaustrittsvolumen betrachtet. Wenn dieser Wert größer als der vorbestimmte Grenzwert ist, wird bestimmt, dass ein Kraftstoffleckens vorhanden ist. In diesem Fall wird bestimmt, dass eine Anormalität aufgetreten ist, und die Anomalitätsbehandlung wird bei Schritt 115 ausgeführt.

Wenn das Kraftstoffaustrittsvolumen gleich oder geringer als der Grenzwert ist und bestimmt worden ist, dass kein Kraftstoffleck vorhanden ist, wird bei Schritt 112 bestimmt, ob der Wert des Zählgliedes A größer als n2 ist oder nicht. Hierbei zeigt n2 die Anzahl der Häufigkeiten, wie oft eine Kraftstoffaustrittsüberprüfung bei Schritt 111 zu wiederholen ist. Wenn beispielsweise n1 = 2 und n2 = 5 ist, wird die Kraftstoffaustrittsüberprüfung dreimal wiederholt. Wenn der Wert des Zählgliedes A größer als n2 bei Schritt 112 ist, wird die Leckageerfassungsmarke bei Schritt 113 eingeschaltet. Wenn der Wert des Zählgliedes A gleich oder kleiner als n2 ist, wird der Wert des Zählgliedes A durch einen Wert A + 1 bei Schritt 116 ausgetauscht, und die Routine wird beendet.

(iv) Hierbei wird der Antriebsstrom allmählich von dem Zustand, bei dem das Saugmessventil 8 bei dem Stromwert Imin angetrieben wird, bei dem das Nullsaugvolumen garantiert wird, erhöht (in dem Fall der Eigenschaften von Fig. 13 verringert), und es wird auf der Grundlage der Änderung des Kraftstoffdruckes der Common Rail 1 bestimmt, ob das Saugen begonnen hat oder nicht. Dieses Konzept ist in Fig. 14 gezeigt. Wenn der Antriebsstrom von Imin in Schritten von  $\Delta I$  erhöht wird, tritt ein Saugen (bei der Stelle G in Fig. 14(a)) auf, wenn der Antriebsstrom den Saugstartstromwert I offset überschreitet, und der Druck der Common Rail kehrt seine Richtung um und beginnt anzusteigen.

Zunächst wird bei Schritt 117 bestimmt, ob der Antriebsstrom I größer als Imin ist oder nicht. Wenn der Antriebsstrom I gleich oder kleiner als Imin ist, wird der Antriebsstrom I durch  $I + \Delta I$  bei Schritt 123 ersetzt und die Routine wird beendet. Wenn der Antriebsstrom I größer als Imin ist, geht der Prozess zu Schritt 118 weiter und das Zwangszufuhrvolumen Qout wird unter Verwendung des nachstehend aufgeführten Ausdrucks (4) berechnet. Das projizierte Kraftstoffausstoßvolumen ist das gleiche wie bei dem Ausdruck (2).

$$Q_{out} = \text{Kraftstoffdruckänderung} \times (\text{Hochdruckbereichsvolumen}) / (\text{Volumenelastizitätskoeffizient}) + \text{projiziertes Kraftstoffausstoßvolumen} \quad (4)$$

Danach wird bei Schritt 119 bestimmt, ob das Saugen begonnen hat oder nicht, und es wird bestimmt, ob das berechnete Zwangszufuhrvolumen größer als ein vorbestimmter Grenzwert ist oder nicht. Ein außerordentlich geringer Wert wird für diesen Grenzwert verwendet, und wenn das berechnete Zwangszufuhrvolumen Qout größer als dieser Grenzwert ist, wird bestimmt, dass das Saugen aufgetreten ist, und der Saugstart wird bestätigt. Wenn das Zwangszufuhrvolumen Qout gleich oder geringer als der Grenzwert ist und das Saugstarten nicht bestätigt werden kann, geht der Ablauf zu Schritt 123 weiter, bei dem der Antriebsstrom I durch  $I + \Delta I$  ersetzt wird, und die Routine wird beendet.

Wenn das Saugstarten bestätigt ist, wird das Saugvolumen Qin bei dem nachfolgenden Schritt 120 berechnet. Hierbei wird aus der Beziehung (5) eines bekannten Saugvolumens und eines Zwangszufuhrvolumens:

$$Q_{in} = g(Q_{out}, \text{Kraftstoffdruck}) \quad (5)$$

das Saugvolumen Qin unter Verwendung des bei Schritt 118 berechneten Zwangszufuhrvolumens Qout berechnet. Außerdem wird der Saugstartstromwert I offset aus dem Ausdruck (6) unter Verwendung des in Schritt 121 berechneten Saugvolumens Qin berechnet.

$$I_{offset} = I - f1(Q_{in}, \text{Drehzahl}) \times \alpha \quad (6)$$

Hierbei ist mit dem Bezugszeichen I der Antriebsstrom bezeichnet, wenn das Saugstarten bestätigt wird, und der Korrekturkoeffizient  $\alpha$  wird als eine Konstante behandelt.

Danach wird die Erkennungsforderungsmarke bei Schritt 122 ausgeschaltet und die Routine wird beendet. Durch ein Einsparen des Saugstartstromwertes I offset, der somit als ein erkannter Wert berechnet wird, und durch ein Korrigieren der Messeigenschaften auf der Grundlage dieses Wertes, kann die Abweichung zwischen dem bestimmten Saugvolumen und dem tatsächlichen Saugvolumen verringert werden. Dadurch wird die Drucksteuerleistung für die Common Rail 1 bedeutend verbessert.

Es ist zu beachten, dass, wenn der Stromwert für das Garantieren des minimalen Saugvolumens für das Antreiben bei Schritt 107 verwendet wird, es ebenfalls möglich ist, ein Teil der Saugperiode durch den gleichen Kolben bei dem Stromwert (F), der das minimale Saugvolumen garantiert, und bei dem Stromwert (D), der das Nullsaugvolumen während der restlichen Periode garantiert (siehe Fig. 15(b)) derart angetrieben wird, wie dies in Fig. 15 gezeigt ist, dass sich die Saugbereiche innerhalb der Saugperiode durch den gleichen Kolben verändern (siehe Fig. 15(c)). Selbst wenn der Stromwert, der das minimale Saugvolumen garantiert, zum Antreiben verwendet wird, kann ein Kraftstoffausstoßen in Abhängigkeit von dem Saugmessventil 8 stattfinden. Beispielsweise ist der Druckanstieg für jede Zwangszufuhr in einem System hoch, bei dem das Fassungsvermögen der Common Rail gering ist, und der Druck der Common Rail würde schnell ansteigen, wenn das Saugmessventil 8 ein vollständiges Ausstoßen ausführt. Somit ist es schwierig, den Kraftstoffdruck innerhalb des vorbestimmten Bereiches zu steuern. Die Steuerung ist dann wirksam, wenn sie bei einem derartigen System (ein System, bei dem jedes vollständige Ausstoßen den Druck um zumindest 20 MPa erhöht) angewendet wird, da eine gewisse Menge an Kraftstoff zu der Common Rail (1) fehlerfrei geliefert wird, und der Druckanstieg kann verringert werden.

Nachstehend ist ein Fall erläutert, bei dem sowohl der Saugstartstromwert I offset als auch der Korrekturkoeffizient  $\alpha$  erkannt und korrigiert werden. In diesem Fall wird die Beziehung zwischen dem Antriebsstrom und dem Zwangszufuhrvolumen unter zwei stabilen Betriebsbedingungen A und B berechnet. Das heißt unter Verwendung der gleichen Verfahren wie bei (iv) werden das Saugvolumen QinA und QinB aus den Kraftstoffdruckänderungen berechnet. Wenn mit NeA und NeB die anwendbaren Drehzahlen bezeichnet sind und mit IA und IB die Antriebsströme bezeichnet sind, ergeben sich die nachstehenden Ausdrücke (7) und (8):

$$I_A = I_{offset} + f1(Q_{inA}, NeA) \times \alpha \quad (7)$$

$$I_B = I_{offset} + f1(Q_{inB}, NeB) \times \alpha \quad (8)$$

Der Saugstartstromwert I offset und der Korrekturkoeffizient  $\alpha$  können aus diesen beiden Ausdrücken berechnet werden.

Fig. 16 zeigt das Flussdiagramm für das Korrigieren des Saugstartstromwertes I offset und des Korrekturkoeffizienten  $\alpha$ . Diese Routine wird für jeden Zwangszufuhrzyklus synchron mit der Umdrehung gestartet. Zunächst berechnet Schritt 201 das tatsächliche Saugvolumen XQin. Das tatsächliche Saugvolumen XQin wird gemäß der in Fig. 17 gezeigten Subroutine berechnet. Das heißt, nachdem Schritt 301 die Druckänderung  $X\Delta P = P_{cr} - P_{cr\ old}$  in der Common

Rail 1 innerhalb eines vorbestimmten Zyklus berechnet hat, berechnet der Schritt 302 das tatsächliche Saugvolumen  $XQ_{out}$  auf der Grundlage des Ausdrucks (9) in der Zeichnung und unter Verwendung der Druckänderung  $XAP$ , des Einspritzvolumens  $Q_{in old}$  innerhalb der vorbestimmten Zeitspanne und des projizierten Austrittsvolumens  $Q_{leak old}$ . Danach berechnet Schritt 303 das tatsächliche Saugvolumen  $XQ_{in}$  aus der bekannten Beziehung zwischen dem Saugvolumen und einem Zwangszufuhrvolumen (Ausdruck (10) in der Zeichnung). Der Ausdruck (10) in der Zeichnung verwendet den Wert  $P_{cr old}$  (den gespeicherten vorherigen Kraftstoffdruck) als den Wert, der den Kraftstoffdruck innerhalb der vorbestimmten Zeitspanne wiedergibt.

Bei Schritt 202 werden die stabilen Zustände überprüft. Der Grund für diese Überprüfung wird im folgenden erklärt. Bei einem Übergangszustand bewirken eine Verzögerung bei der Zwangszufuhr durch die Hochdrucklieferpumpe 4, eine Instabilität bei der Ausgabe aus dem Kraftstoffdrucksensor S und dergleichen eine Zunahme bei den Messfehlern bei dem Saugvolumen, dem projizierten Austrittsvolumen und dergleichen. Als ein Ergebnis kann ein ungenauer Saugstartstromwert  $I offset$  oder ein Korrekturkoeffizient  $\alpha'$  erkannt werden. Hierbei wird überprüft, ob die Drehzahl  $N_e$ , der Kraftstoffdruck  $P_{cr}$ , das tatsächliche Saugvolumen  $XQ_{in}$  und der Antriebsstrom  $I$  beispielsweise stabil sind oder nicht. Genauer gesagt wird, wenn die gegenwärtige Drehzahl durch  $N_e$  wiedergegeben wird und die vorherige Drehzahl durch  $N_{e old}$  wiedergegeben wird, bei Schritt 401 überprüft, ob  $|N_e - N_{e old}|$  kleiner als der Grenzwert  $TH1$  (beispielsweise 3 Umdrehungen pro Minute) ist, wobei diese Überprüfung in Übereinstimmung mit der in Fig. 18 gezeigten Subroutine geschieht. Wenn das Ergebnis geringer als der Grenzwert  $TH1$  ist, wird bei Schritt 402 überprüft, ob  $|P_{cr} - P_{cr old}|$  geringer als der Grenzwert  $TH2$  (beispielsweise 25 MPa) ist, unter Verwendung des gegenwärtigen Kraftstoffdruckes  $P_{cr}$  und der vorherigen Kraftstoffdruckes  $P_{cr old}$ , wobei bei Schritt 403 überprüft wird, ob  $|XQ_{in} - XQ_{in old}|$  geringer als der Grenzwert  $TH3$  (beispielsweise 20 mm<sup>3</sup>/st) ist, wobei dies unter Verwendung des tatsächlichen bei Schritt 303 berechneten Saugvolumens  $XQ_{in}$  und des vorherigen tatsächlichen Saugvolumens  $XQ_{in old}$  geschieht, und bei Schritt 404 wird überprüft, ob  $|I - I old|$  geringer als der Grenzwert  $TH4$  (beispielsweise 0,01 Ampere) ist, wobei dies unter Verwendung des gegenwärtigen Antriebsstroms  $I$  und des vorherigen Antriebsstromes  $I old$  geschieht, wobei diese Reihenfolge eingehalten wird. Wenn sämtliche derartigen Überprüfungen positiv sind, geht der Ablauf zu Schritt 405 weiter.

Bei Schritt 405 wird der Zählwert C durch einen Zählwert  $C + 1$  ersetzt, und der Ablauf geht zu Schritt 406 weiter, bei dem der Wert des Zählgliedes C mit einem Grenzwert (beispielsweise 10) verglichen wird. Wenn der Wert des Zählgliedes C größer als der Grenzwert ist, wird ein stabiler Betriebszustand bestimmt, und nachdem das Zählglied C bei Schritt 407 auf 0 gesetzt worden ist, wird die Stabilität bei Schritt 408 bestätigt, und der Ablauf geht zu Schritt 204 in Fig. 16 weiter. Wenn der Wert des Zählgliedes C geringer als der Grenzzählwert bei Schritt 406 ist, wird der Betriebszustand als instabil bestimmt, und somit geht der Ablauf zu Schritt 203 in Fig. 16 weiter, bei dem die gegenwärtigen Zustände gespeichert werden, und danach wird die Routine beendet. Wenn außerdem das Bestimmungsergebnis von einem der Schritte 401 bis 404 negativ ist, wird das Zählglied C auf 0 bei Schritt 409 gesetzt, und danach geht der Prozess zu Schritt 203 weiter. Die gegenwärtigen Zustände werden gespeichert, indem die Werte  $N_e old$ ,  $P_{cr old}$ ,  $XQ_{in old}$ ,  $I old$ ,  $Q_{leak old}$  und  $Q_{in old}$  durch die gegenwärtige Drehzahl  $N_e$ , den gegenwärtigen Kraftstoffdruck  $P_{cr}$ , das gegen-

wärtige tatsächliche Saugvolumen  $XQ_{in}$ , den gegenwärtigen Antriebsstrom  $I$ , das gegenwärtige projizierte Austrittsvolumen  $Q_{leak}$  und das gegenwärtige Einspritzvolumen  $Q_{in}$  jeweils ersetzt wird, wie dies in der Zeichnung gezeigt ist.

Bei Schritt 204 wird bestimmt, ob der Zustand korrigiert werden kann oder nicht. Wie dies nachstehend beschrieben ist, berechnet diese Logik die Neigung und die Verschiebung (den Versatz) der Messeigenschaften aus zwei Betriebszuständen, und ein großer Fehler kann sich ergeben, wenn zwei nahe beieinanderliegende Betriebszustände für diese Berechnung verwendet werden. Daher wird überprüft, ob die beiden Betriebszustände nahe beieinander sind oder nicht. Hierbei werden von den beiden während des vorherigen Erkennungsprozesses verwendeten Zuständen der neuere Zustand als Antriebsstrom  $I hold$  und als Saugvolumen  $XQ_{in hold}$  gespeichert, und es wird überprüft, ob diese Zustände nahe bei den gegenwärtigen Zuständen sind oder nicht. Genauer gesagt wird bei Schritt 501 in Fig. 19(a) überprüft, ob der Absolutwert des Unterschiedes zwischen dem Antriebsstrom  $I hold$  und dem gegenwärtigen Antriebsstrom  $I$  größer als der Grenzwert  $TH5$  (beispielsweise 0,05 A) ist oder ob der Absolutwert des Unterschiedes zwischen dem Saugvolumen  $XQ_{in hold}$  und dem gegenwärtigen Saugvolumen  $XQ_{in}$  größer als der Grenzwert  $TH6$  (beispielsweise 40 mm<sup>3</sup>/st) ist. Wenn sich herausstellt, dass eine dieser Überprüfungen positiv ist, wird bei Schritt 502 beurteilt, dass die Zustände korrigiert werden können, und der Prozess geht zu Schritt 206 in Fig. 16 weiter. Wenn sich herausstellt, dass beide Überprüfungen negativ sind, geht der Prozess zu Schritt 205 in Fig. 17 weiter, und nach dem Speichern der gegenwärtigen Zustände wird die Routine beendet.

Bei Schritt 206 wird ein vorübergehender Saugstartstromwert  $I offset'$  und ein vorübergehender Korrekturkoeffizient  $\alpha'$  berechnet. Der vorherige Antriebsstrom  $I old$  und der Antriebsstrom  $I hold$  während der vorherigen Korrektur werden als Ausdrücke (11) und (12) unter Verwendung von  $I offset'$  beziehungsweise  $\alpha'$  ausgedrückt:

$$I old = I offset' + f1(Q_{in old}, N_{e old}) \times \alpha' \quad (11)$$

$$I hold = I offset' + f1(Q_{in hold}, N_{e hold}) \times \alpha' \quad (12)$$

Diese Ausdrücke (11) und (12) können verwendet werden, um den bei Schritt 601 in Fig. 19(b) gezeigten Ausdruck (13) abzuleiten, wobei der vorübergehende Saugstartstromwert  $I offset'$  und der vorübergehende Korrekturkoeffizient  $\alpha'$  aus diesem Ausdruck berechnet werden können. Danach ersetzt der Schritt 602 den Antriebsstrom  $I old$  und das Saugvolumen  $XQ_{in old}$  durch  $I hold$  beziehungsweise  $XQ_{in hold}$ , und der Prozess geht zu Schritt 207 in Fig. 16 weiter.

Bei Schritt 207 wird der Saugstartstromwert  $I offset$  und der Korrekturkoeffizient  $\alpha$  auf der Grundlage des vorübergehenden Saugstartstromwertes  $I offset'$  und des vorübergehenden Korrekturkoeffizienten  $\alpha'$  korrigiert, die bei Schritt 206 berechnet worden sind. Für diesen Schritt kann entweder eine Verstärkungskorrektur (mit beispielsweise  $N = 5$ ), wie dies bei Beispiel 1 in Fig. 19(c) unter Verwendung der Ausdrücke (14) und (15) gezeigt ist, oder eine Integrierkorrektur (mit  $K1 = 0,1$  und  $K2 = 0,01$  beispielsweise), wie dies bei Beispiel 2 unter Verwendung der Ausdrücke (16) und (17) gezeigt ist, ausgeführt werden.

$$I offset = (I offset' + (N - 1) \times I offset) / N \quad (14)$$

$$\alpha = (\alpha' + (N - 1) \times \alpha) / N \quad (15)$$

$$I_{\text{offset}} = I_{\text{offset}'} + K1 \times (I_{\text{offset}'} - I_{\text{offset}}) \quad (16)$$

$$\alpha = \alpha' + K2 \times (\alpha' - \alpha) \quad (17)$$

In dieser Weise kann das Erkennen und Korrigieren ein schnelles Ändern des tatsächlichen Saugvolumens verhindern.

Danach werden die gegenwärtigen Zustände bei Schritt 208 gespeichert und die Routine wird beendet. Die Verwendung der Logik ermöglicht ein genaues Steuern des Saugvolumens während der Proportionalintegriersteuerung des Kraftstoffdruckes, und daher wird eine hochgradig genaue Drucksteuerung möglich.

Es sollte außerdem beachtet werden, dass beim Steuern des Antriebsstromes zu der Hochdrucklieferspumpe 4 unter Verwendung der ECU 3 die Anwendung einer offenen Steuerung auf der Grundlage eines Stromanwendungszeitverhältnisses (Lastwert oder DUTY-Wert), wie dies vorstehend beschrieben ist, einen Vorteil eines Ausführens der Steuerung unter Verwendung einer kostengünstigen Steuerungsschaltung mit sich bringt. Bei der offenen Steuerung auf der Grundlage eines Lastwertes wird ein Lastwert in der ECU3 aus dem bestimmten Antriebsstrom und unter Verwendung einer Strom-Lastwert-Umwandlungstabelle berechnet. Außerdem wird ein Lastimpuls auf der Grundlage dieses Lastwertes zum Steuern des Saugmessventils 8 erzeugt, wie dies in Fig. 20(a) gezeigt ist. Die Strom-Lastwert-Umwandlungstabelle kann so ausgedrückt werden, wie dies in Fig. 20(b) gezeigt ist. Es sollte jedoch beachtet werden, dass bei einer offenen Steuerung die Temperatureigenschaften des Innenwiderstandes der Solenoidventilspule (siehe Fig. 20(a)), die das Saugmessventil 8 ist, außerordentlich die Beziehung zwischen dem Antriebsstrom und dem Lastwert ändert (siehe Fig. 22(c)). Als ein Ergebnis ändert sich die Beziehung zwischen dem bestimmten Antriebsstrom und dem Saugvolumen außerordentlich, was sowohl ein Ändern der Verschiebung als auch der Neigung des Versatzes bewirkt. Obwohl mögliche Lösungen für dieses Problem eine Stromkompensationsschaltung oder einen Spulentempertursensor beispielsweise umfassen, erhöhen derartige Lösungen die Kosten. Daher wird die in dem Flussdiagramm in Fig. 16 gezeigte Logik zum Korrigieren der Neigung und der Verschiebung des Versatzes in diesem Fall ebenfalls angewendet. Diese Logik kann die Verschiebungen bei dem Saugstartstromwert  $I_{\text{offset}}$  und dem Korrekturkoeffizienten  $\alpha$  die Laststeuerung begleitend korrigieren, und die durch die Spulentemperatureigenschaften bewirkten Leistungsänderungen können kostengünstig ohne ein Hinzufügen von irgendwelchen neuen Teilen korrigiert werden.

Während sich die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele auf zwei Beispiele einer Anwendung der vorliegenden Erfindung beziehen, sollte verständlich sein, dass die vorliegende Erfindung auf andere Anwendungsmöglichkeiten, Abwandlungen und Veränderungen angewendet werden kann und nicht auf die hierbei aufgeführten Offenbarungen beschränkt ist.

Bei dem Kraftstoffeinspritzgerät der Saugmessart wird die Abweichung des tatsächlichen Saugvolumens von dem bestimmten Saugvolumen verringert, indem die Schwankungen der Messeigenschaften des Saugmessventils 8 korrigiert werden, die durch Instrumentenfehler und Temperatureigenschaften bewirkt werden, wodurch die Kraftstoffdrucksteuerleistung verbessert ist. Der Kraftstoffdruck in der Common Rail, in der der in die Zylinder des Verbrennungsmotors einzuspritzende Kraftstoff unter Hochdruck gespeichert ist, wird mittels des Kraftstoffsensors S erfasst. Auf der Basis dieses erfassten Ergebnisses treibt die ECU 3 das Saugmessventil 8 an, wodurch das Volumen des in den

Druckbeaufschlagungskammern 52 und 62 gesaugten Kraftstoffes gesteuert wird. Die Saugstartstromberechnungseinrichtung der ECU 3 treibt das Saugmessventil 8 bei einem ein Nullsaugvolumen garantierenden Strom an und berechnet auf der Grundlage der Änderung des Kraftstoffdruckes innerhalb der Common Rail, wenn sich der Antriebsstrom aus diesem Zustand allmählich erhöht oder verringert, den Saugstartstromwert, bei dem das Saugmessventil 8 tatsächlich mit dem Saugen beginnt. Durch ein Korrigieren der Messeigenschaften auf der Grundlage dieses Saugstartstromwertes werden die durch die Instrumentenfehler des Saugmessventils 8 und dergleichen bewirkten Schwankungen im Saugvolumen verringert. Dem gemäß wird die Steuerleistung verbessert.

#### Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzgerät mit:  
einer Druckspeicherkammer (1), in der ein Hochdruckkraftstoff gespeichert ist;  
einem Einspritzventil (2) für ein Einspritzen des in der Druckspeicherkammer (1) befindlichen Hochdruckkraftstoffes in die Zylinder eines Verbrennungsmotors;  
einer Kraftstofflieferspumpe (4), die den in eine Druckkammer (52, 62) über ein Saugmessventil (8) gesaugten Kraftstoff mit Druck beaufschlagt und diesen Kraftstoff in die Druckspeicherkammer (1) pumpt;  
einem Drucksensor (S), der den Druck des Kraftstoffes in der Druckspeicherkammer (1) erfasst; und  
einer Steuereinrichtung, die den Kraftstoffdruck in der Druckspeicherkammer (1) durch ein Steuern der Menge des in die Druckkammer (52, 62) gesaugten Kraftstoffes durch ein Antreiben des Saugmessventils (8) auf der Grundlage des durch den Drucksensor (S) erfassten Kraftstoffdruckes steuert, wobei die Steuereinrichtung eine Saugstartstromberechnungseinrichtung hat, die das Saugmessventil (8) bei einem vorbestimmten Strom antreibt, wobei die Saugstartstromberechnungseinrichtung den Saugstartstromwert, bei dem das Saugmessventil (8) tatsächlich das Saugen beginnt, auf der Grundlage der Änderung des Kraftstoffdruckes innerhalb der Druckspeicherkammer (1), wenn der Antriebsstrom graduell aus diesem Zustand verändert wird, berechnet.
2. Kraftstoffeinspritzgerät gemäß Anspruch 1, wobei der vorbestimmte Strom in einer derartigen Weise eingestellt ist, dass kein Kraftstoffsaugen in die Druckkammer (52, 62) durch das Saugmessventil (8) auftritt, und der Antriebsstrom graduell aus diesem Zustand verändert wird.
3. Kraftstoffeinspritzgerät gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Saugstartstromberechnungseinrichtung:  
die tatsächliche Pumpmenge des in die Druckspeicherkammer (1) gepumpten Kraftstoffes auf der Grundlage der Änderung des Kraftstoffdruckes in der Druckspeicherkammer (1), der Einspritzmenge des eingespritzten Kraftstoffes und der abgeschätzten Kraftstoffleckage berechnet; und  
den Beginn des Kraftstoffsaugens beurteilt, wenn die tatsächliche Saugmenge des in die Druckkammer (52, 62) gesaugten Kraftstoffes, die auf der Grundlage dieser tatsächlichen Pumpmenge des Kraftstoffes berechnet wird, einen vorbestimmten Wert überschreitet, und den Saugstartstromwert auf der Grundlage des Antriebsstroms und der tatsächlichen Saugmenge berechnet.
4. Kraftstoffeinspritzgerät gemäß Anspruch 2 oder 3, wobei, wenn der Kraftstoffdruck in der Druckspeicher-

kammer (1) einen vorbestimmten unteren Grenzwert vor dem Berechnen des Saugstartstromwertes erreicht oder unter diesen Wert fällt, die Steuereinrichtung das Saugmessventil (8) bei einem Strom antreibt, der die minimale Saugmenge sicherstellt, bis der Kraftstoffdruck in der Druckspeicherkammer (1) einen vorbestimmten oberen Grenzwert erreicht.

5. Kraftstoffeinspritzgerät gemäß Anspruch 4, wobei der Strom, der in einer derartigen Weise eingestellt ist, dass kein Kraftstoffsaugen in die Druckkammer (52, 62) auftritt, dem minimalen Saugstartstrom gleich oder kleiner als dieser ist, wenn die projizierte Veränderung zu der Beziehung zwischen dem vorberechneten Antriebsstrom des Saugmessventils (8) und der Saugmenge hinzuaddiert wird, wobei der Strom, der die minimale Saugmenge garantiert, so eingestellt ist, dass er dem maximalen Stromwert gleich ist oder größer als dieser ist, der der vorbestimmten minimalen Saugmenge entspricht, wenn die projizierte Veränderung zu der Beziehung zwischen dem vorberechneten Antriebsstrom des Saugmessventils (8) und der Saugmenge hinzuaddiert ist.

6. Kraftstoffeinspritzgerät gemäß Anspruch 5, wobei die Steuereinrichtung das Saugmessventil (8) bei einem Strom antreibt, der die minimale Saugmenge während eines Abschnittes einer einzelnen Saugperiode garantiert, wenn das Saugmessventil (8) bei einem Strom angetrieben wird, der die minimale Saugmenge sicherstellt.

7. Kraftstoffeinspritzgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Steuereinrichtung eine Antriebsstromberechnungseinrichtung hat, die den Antriebsstromwert für ein Antreiben des Saugmessventils (8) von dem Saugstartstromwert berechnet, bei dem das Saugmessventil (8) tatsächlich mit dem Saugen beginnt; und die bestimmte Saugmenge auf der Grundlage des Kraftstoffdruckes in der Druckspeicherkammer (1) und der Drehzahl des Motors berechnet wird, und sie eine Korrektureinrichtung hat, die den Saugstartstromwert auf der Grundlage des Wertes erkennt und korrigiert, der durch die Saugstartstromberechnungseinrichtung berechnet wird.

8. Kraftstoffeinspritzgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Berechnung des Saugstartstromwertes durch die Saugstartstromberechnungseinrichtung während des Startens oder des Leerlaufes ausgeführt wird.

9. Kraftstoffeinspritzgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Steuereinrichtung eine Einrichtung zum Erfassen einer Kraftstoffleckage durch ein Vergleichen des projizierten Abfalles des Druckes mit dem tatsächlichen Abfall des Druckes während einer vorbestimmten Zeitspanne hat, wobei diese vorbestimmte Zeitspanne vor der Berechnung des Saugstartstromwertes liegt.

10. Kraftstoffeinspritzgerät mit:  
einer Druckspeicherkammer (1), in der Hochdruckkraftstoff gespeichert ist;  
einem Einspritzventil (2) für ein Einspritzen des in der Druckspeicherkammer (1) befindlichen Hochdruckkraftstoffes in die Zylinder eines Verbrennungsmotors;  
einer Kraftstofflieferpumpe (4), die das in eine Druckkammer (52, 62) über ein Saugmessventil (8) gesaugte Kraftstoff mit Druck beaufschlagt und diesen Kraftstoff in die Druckspeicherkammer (1) pumpt;  
einem Drucksensor (S), der den Druck des Kraftstoffes in der Druckspeicherkammer (1) erfasst; und

einer Steuereinrichtung, die den Kraftstoffdruck in der Druckspeicherkammer (1) durch ein Steuern der Menge des in die Druckkammer (52, 62) gesaugten Kraftstoffes durch ein Antreiben eines Saugmessventils (8) auf der Grundlage des durch den Drucksensor (S) erfassten Kraftstoffdruckes steuert, wobei die Steuereinrichtung eine Antriebsstromberechnungseinrichtung hat, die den Antriebsstromwert I für ein Antreiben des Saugmessventils (8) gemäß dem folgenden Ausdruck berechnet:

$$I = I_{\text{offset}} + F1(Q_{\text{in}}, N_e) \times \alpha$$

wobei I offset den Saugstartstromwert bezeichnet, bei dem das Saugmessventil (8) mit dem Saugen beginnt,  $Q_{\text{in}}$  die bestimmte Saugmenge auf der Grundlage des Kraftstoffdruckes in der Druckspeicherkammer (1) bezeichnet,  $N_e$  die Drehzahl des Motors bezeichnet und  $\alpha$  einen Korrekturkoeffizienten bezeichnet, wobei eine Korrektureinrichtung entweder den Saugstartstromwert oder den Korrekturkoeffizienten oder beide erkennt und korrigiert, wobei die Korrektureinrichtung den Saugstartstromwert oder den Korrekturkoeffizienten auf der Grundlage des Ausdrucks berechnet, der die Beziehung zwischen den Antriebsstromwert, der bestimmten Saugmenge und der Drehzahl ausdrückt, wenn das Saugmessventil (8) bei zumindest zwei stabilen Betriebszuständen angetrieben wird.

11. Kraftstoffeinspritzgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Saugmessventil (8) ein Soleonidventil ist, das die Saugmenge durch ein Ändern der Öffnungsfläche eines Kanales steuert.

12. Kraftstoffeinspritzgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Steuereinrichtung eine Laststeuerung zum Steuern des Antriebsstromwertes für ein Antreiben des Saugmessventils (8) verwendet.

---

Hierzu 18 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1

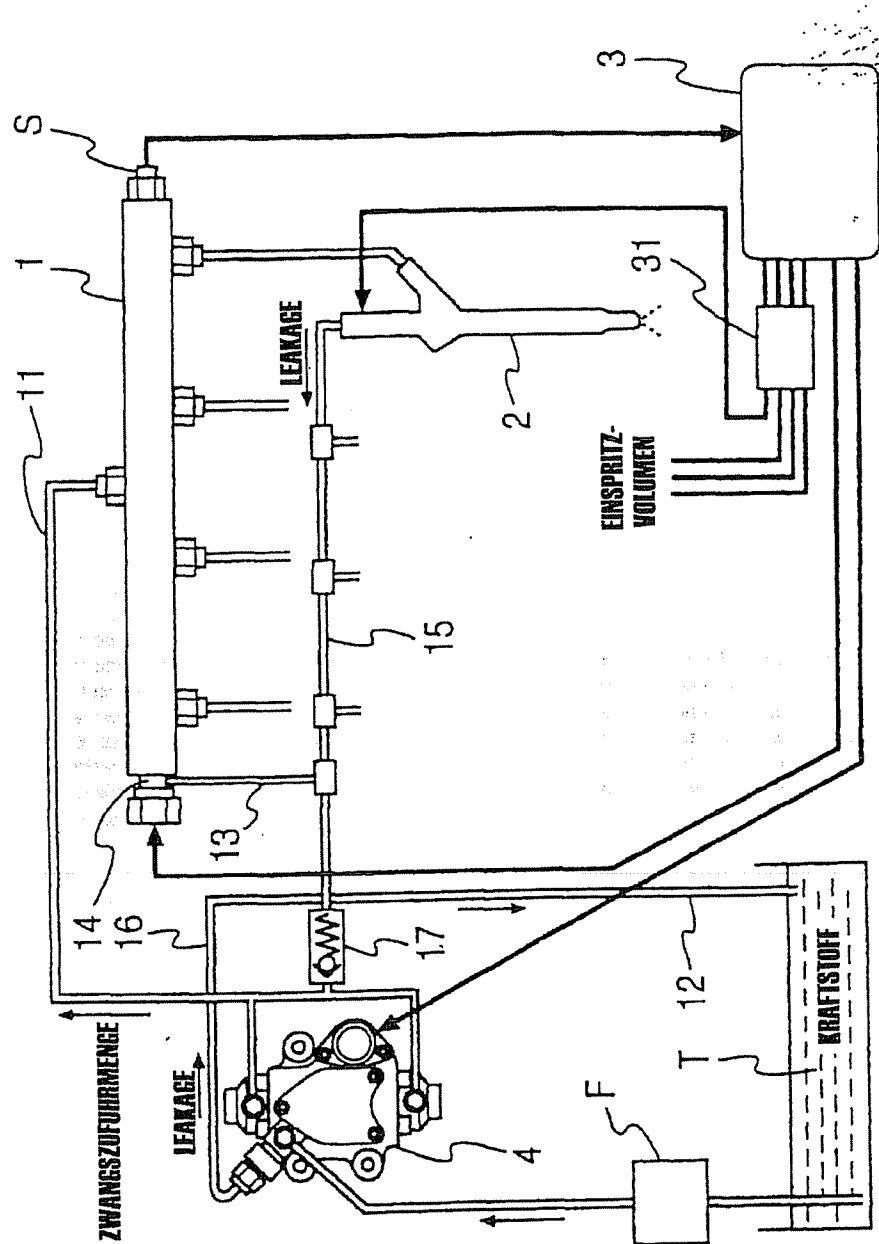
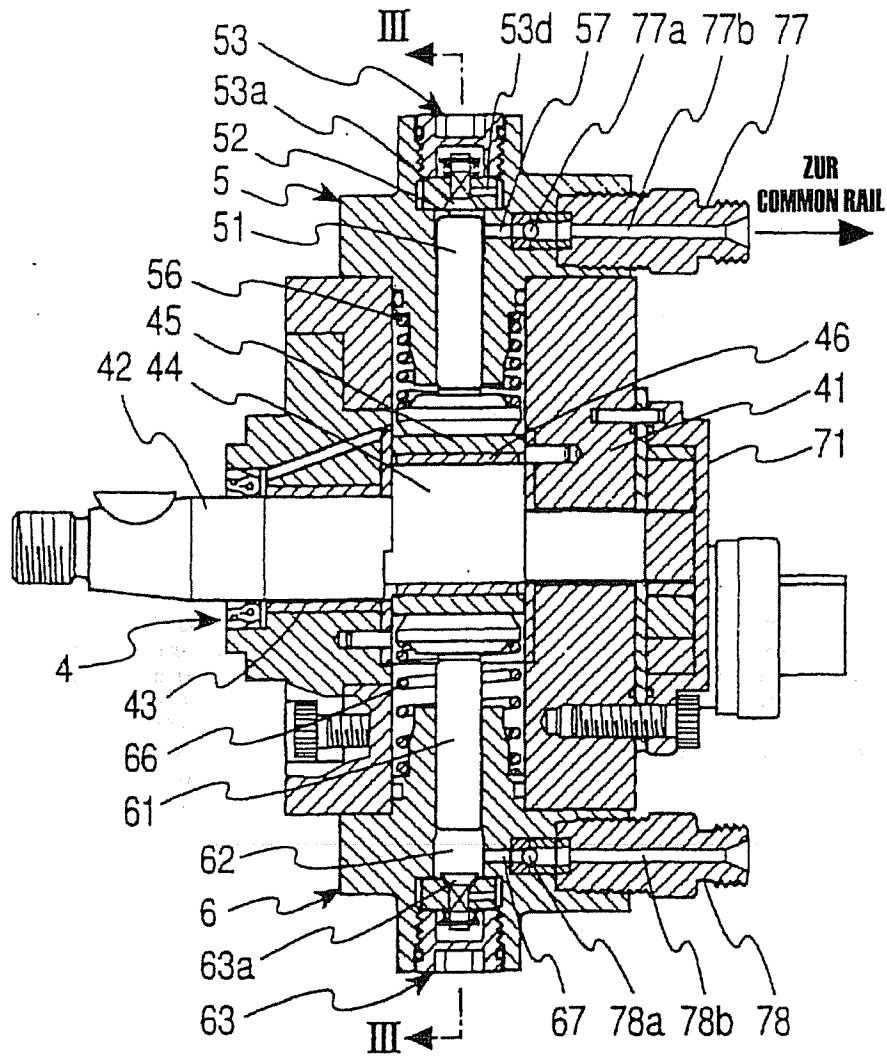
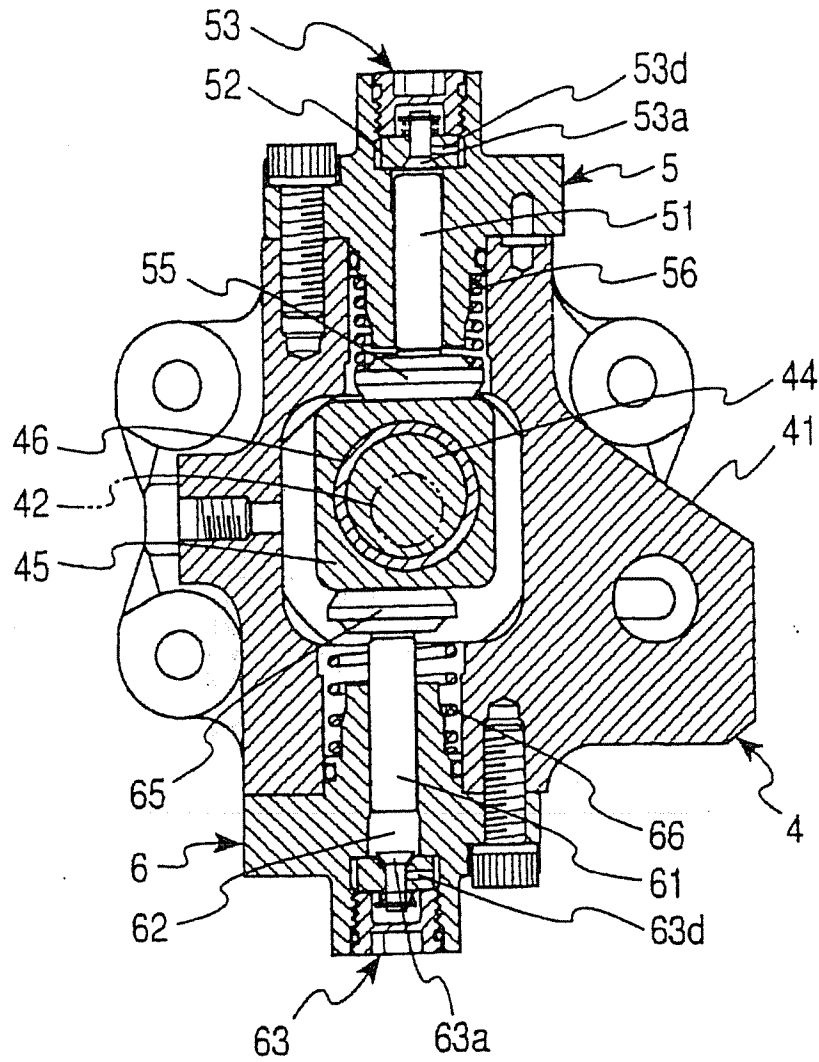


Fig. 2





**Fig. 3**



**Fig. 4**

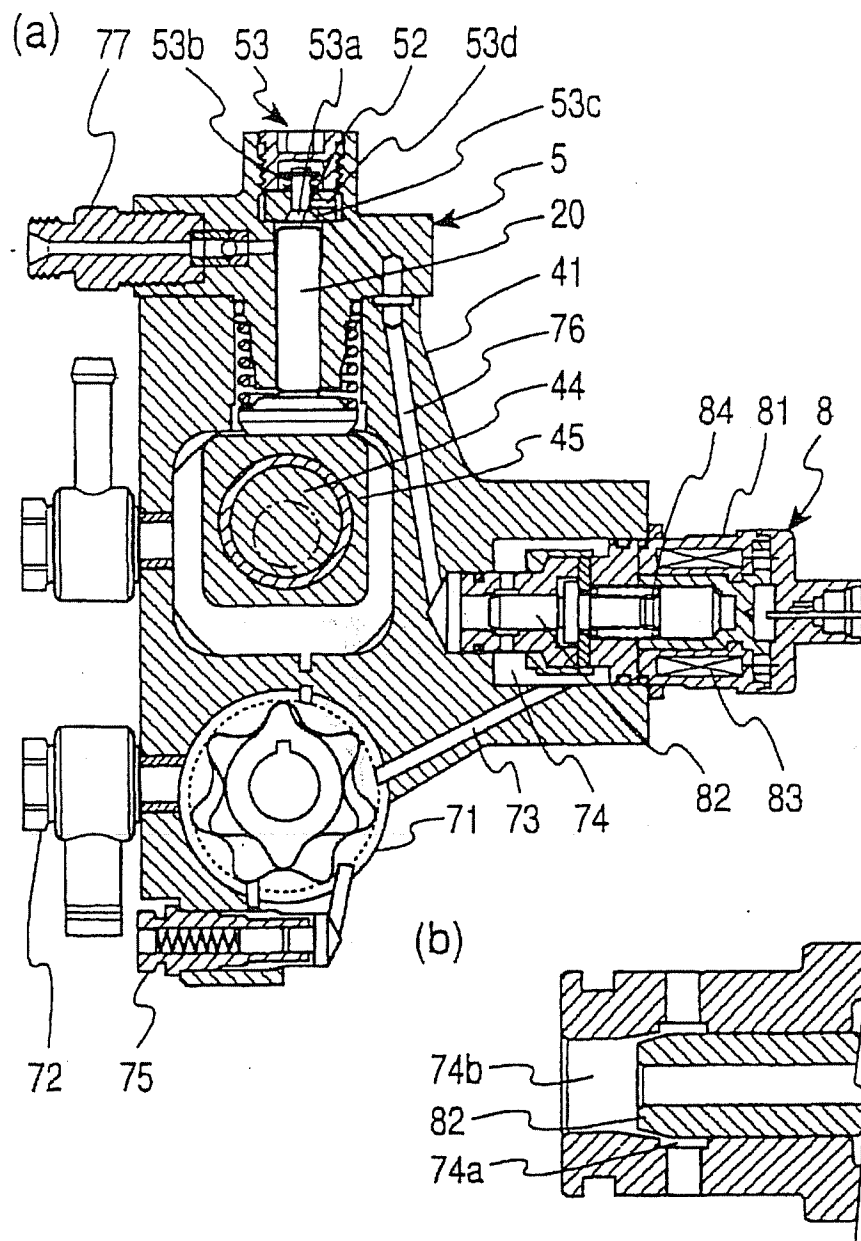
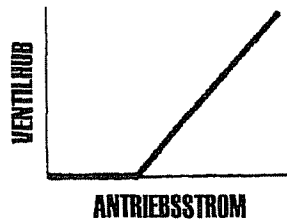
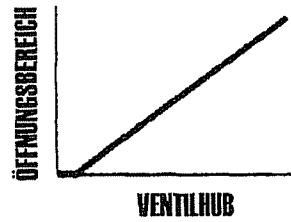


Fig. 5

(a)



(b)



(c)



Fig. 6

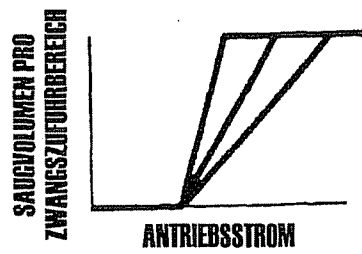
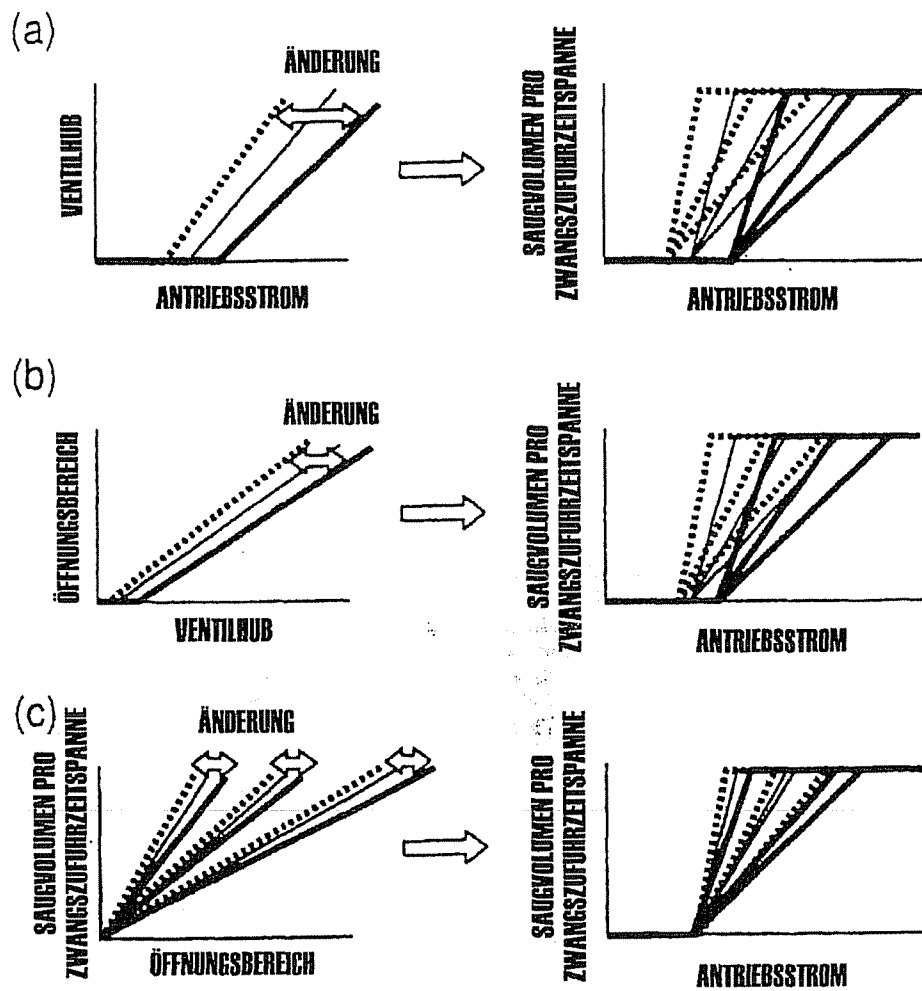


Fig. 7



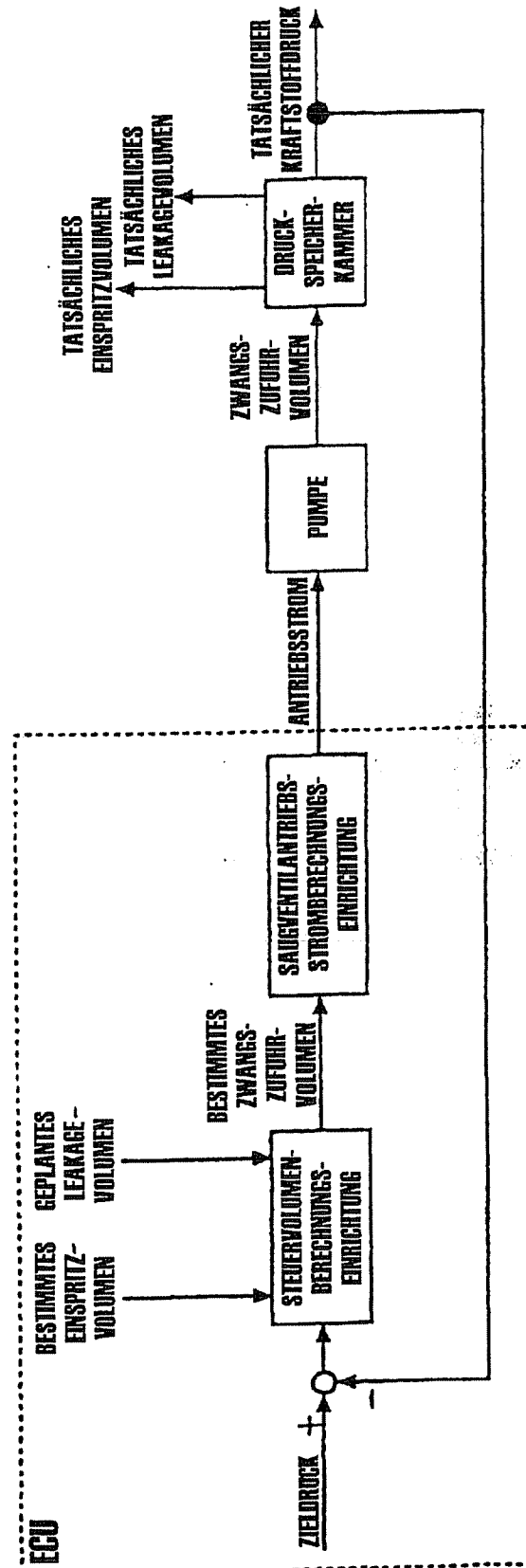


Fig. 8

Fig. 9

SAUGVENTILANTRIEBSSTROM-  
BERECHNUNGSEINRICHTUNG

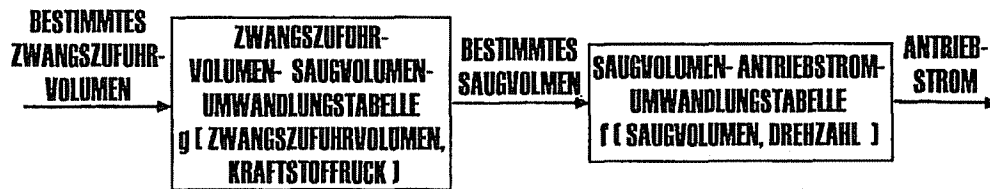


Fig. 10

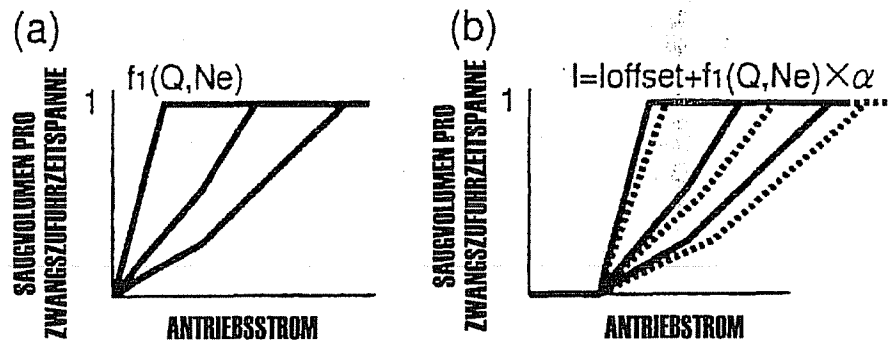


Fig. 11a

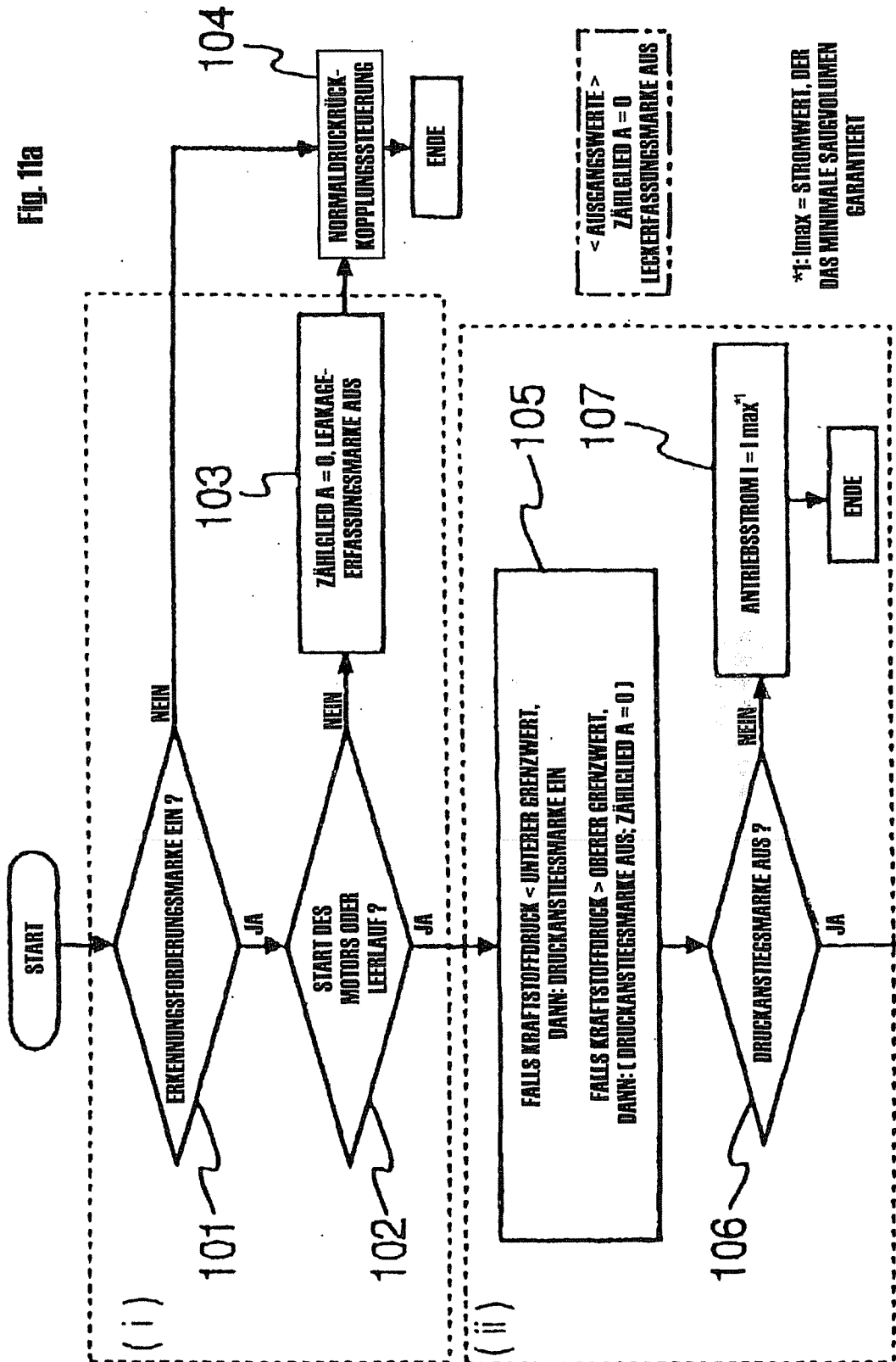




Fig. 11b

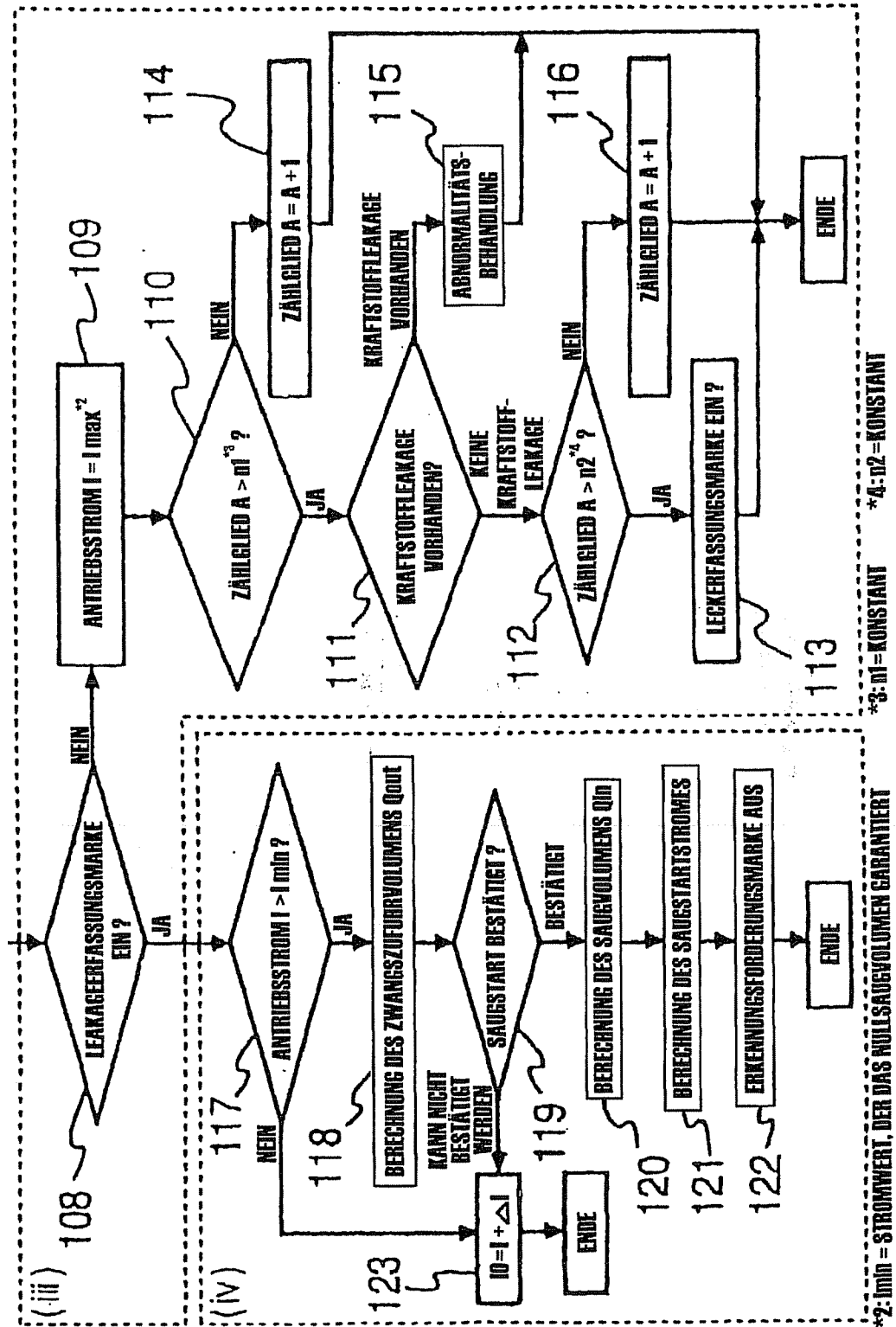


Fig. 12

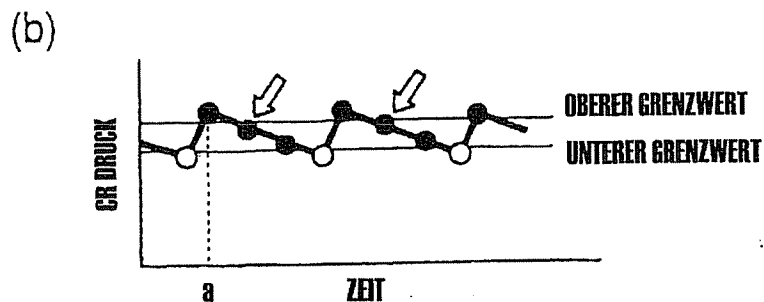
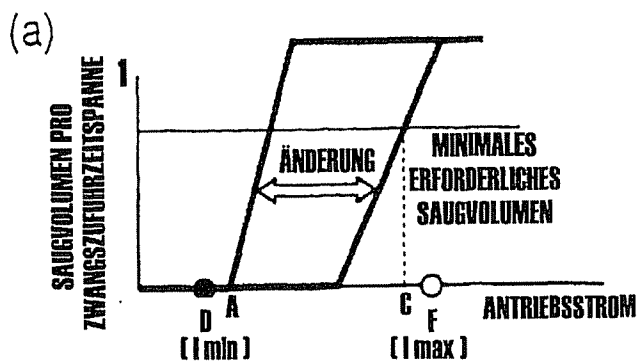


Fig. 13

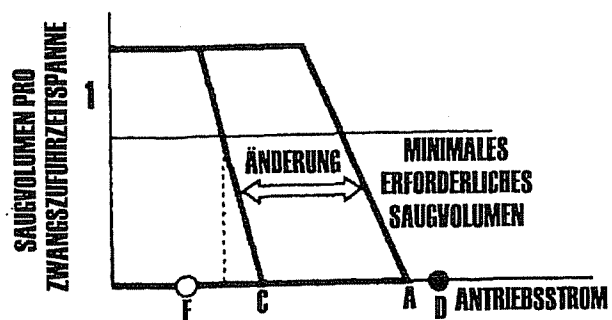


Fig. 14

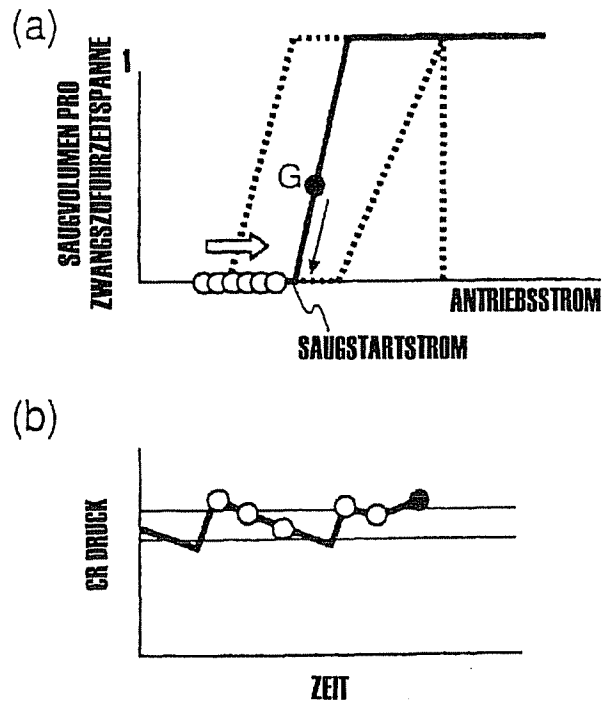
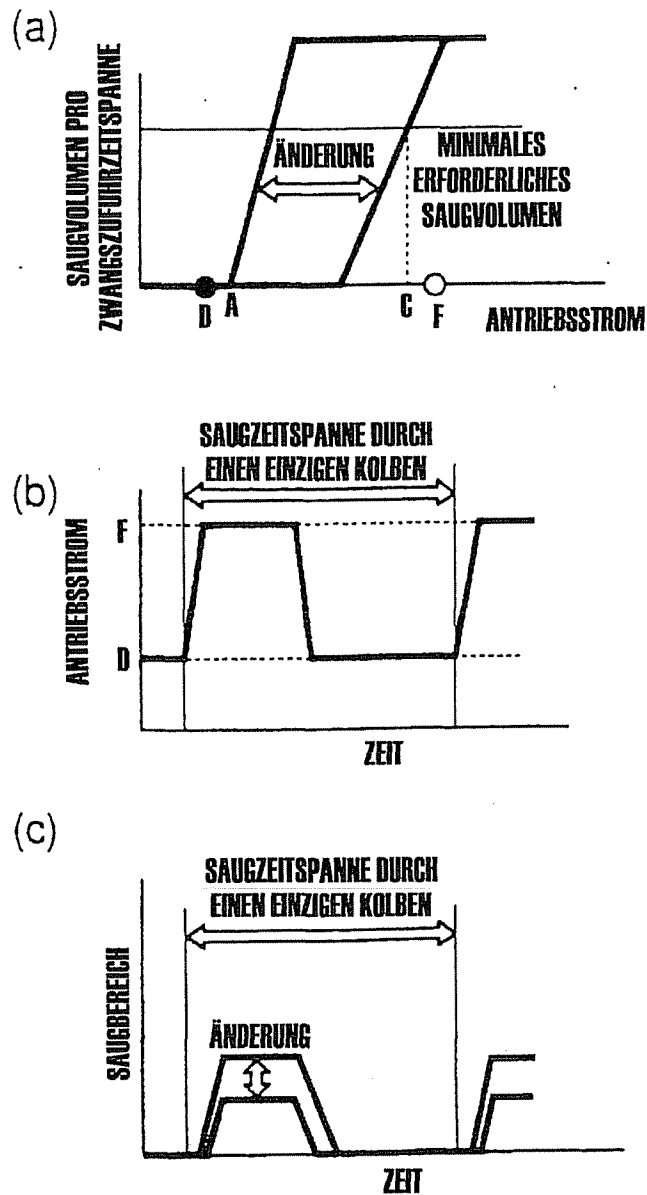


Fig. 15



< GESAMTFLUSSDIAGRAMM >

Fig. 16

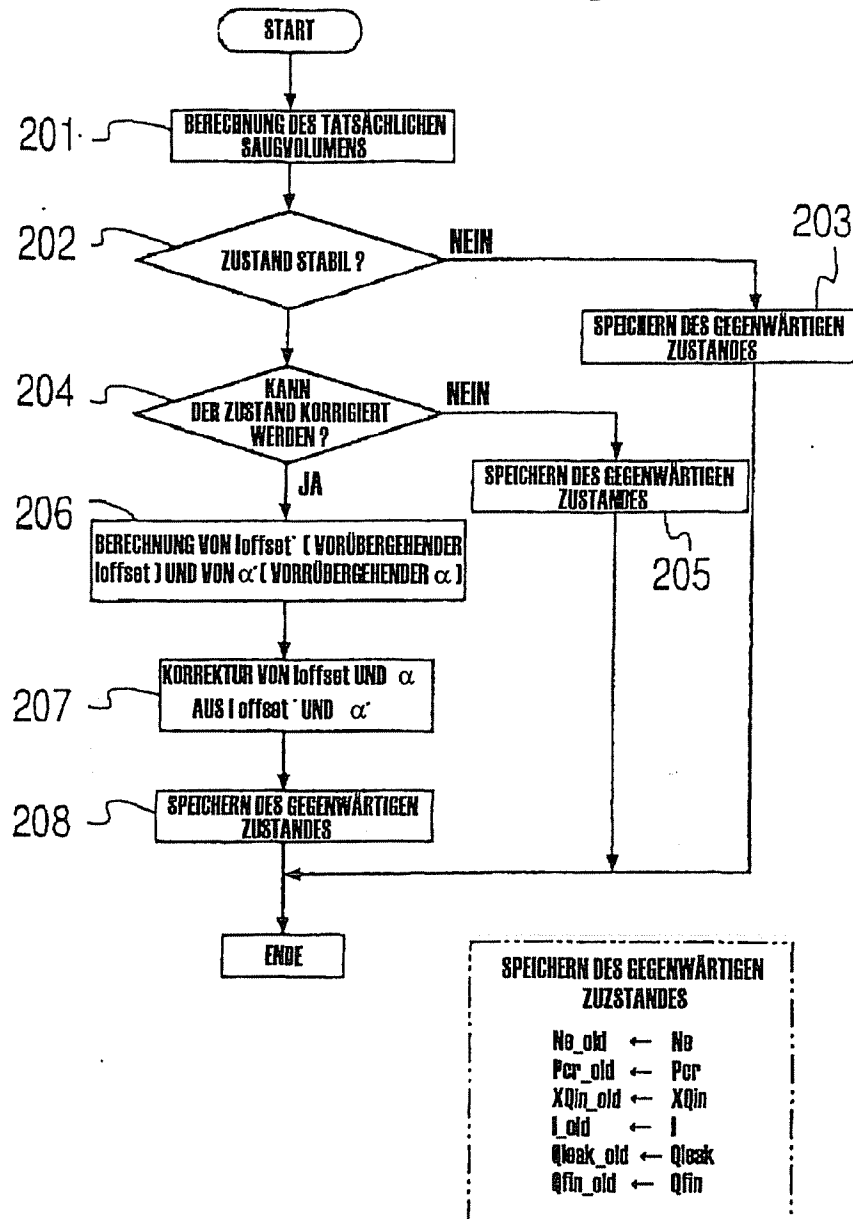


Fig. 17

## &lt; BERECHNUNG DES TATSÄCHLICHEN SAUGVOLUMENS &gt;

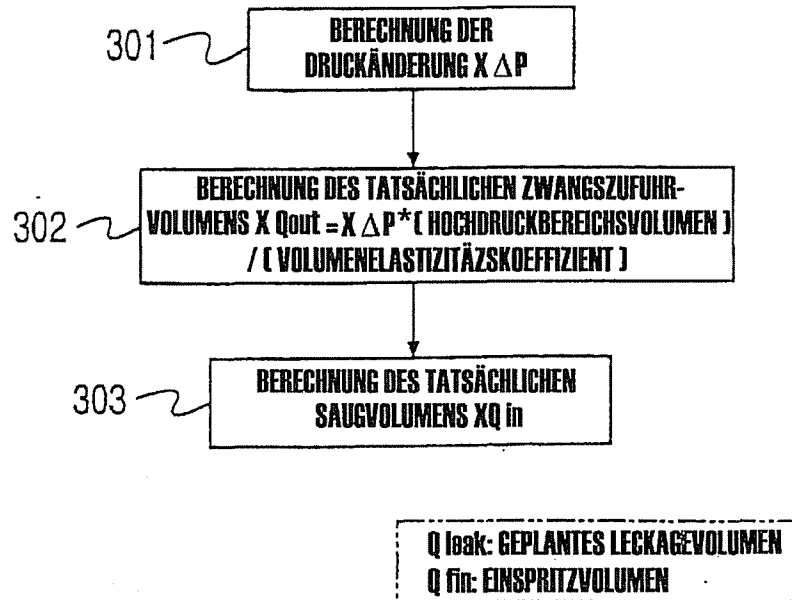


Fig. 18

## &lt; STABILITÄTSZUSTANDSPRÜFUNG &gt;

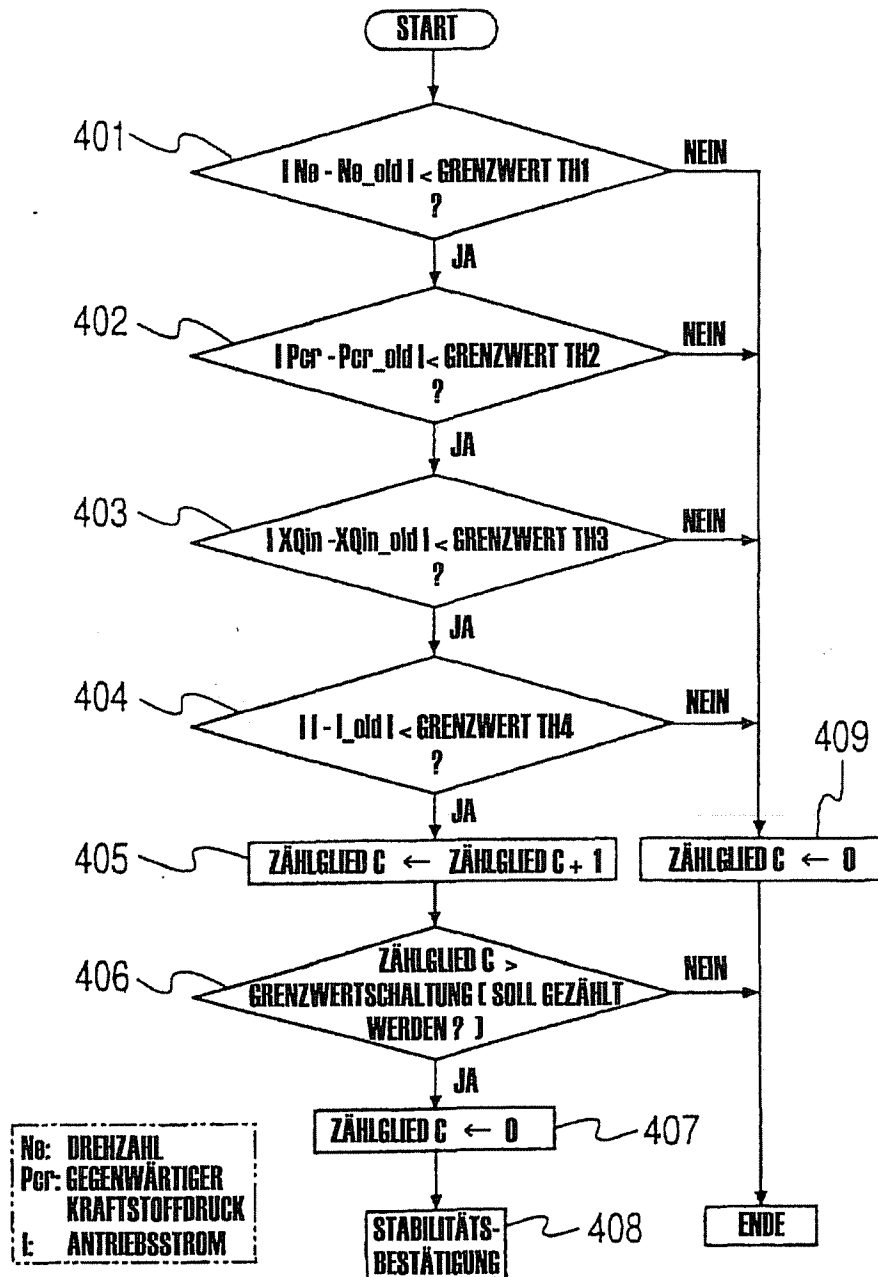
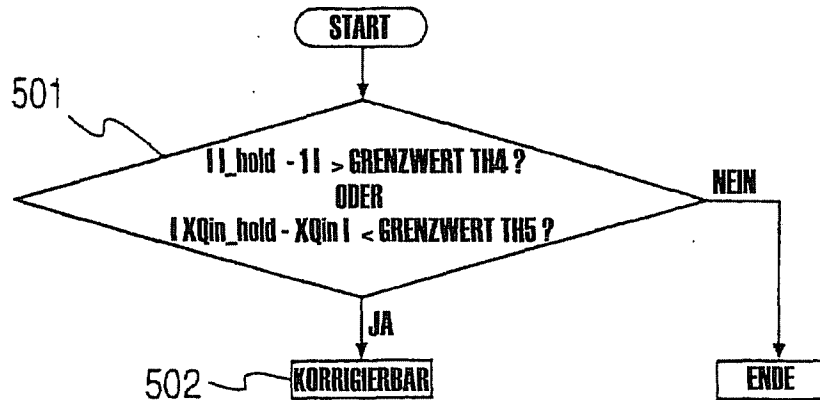
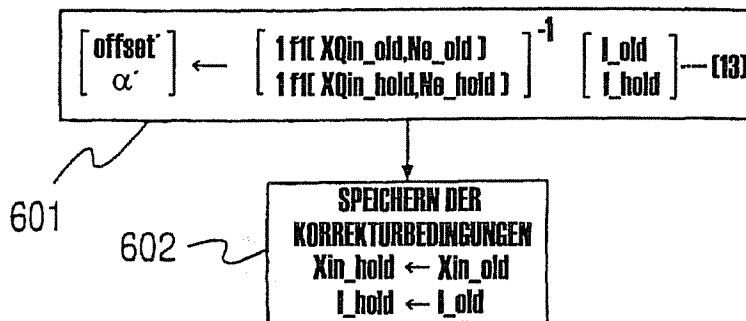




Fig. 19

## (a) &lt; KORREKTURBEDINGUNGSPRÜFUNG &gt;

(b) < BERECHNUNG VON loffset' UND  $\alpha'$  >(c) < KORREKTUR VON loffset UND  $\alpha$  AUS loffset' UND  $\alpha'$  >

## BEISPIEL 1

$$\begin{aligned} \text{loffset} &\leftarrow (\text{loffset}' + (N-1) \cdot \text{loffset}) / N \\ \alpha &\leftarrow (\alpha' + (N-1) \cdot \alpha) / N \end{aligned}$$

## BEISPIEL 2

$$\begin{aligned} \text{loffset} &\leftarrow \text{loffset} + K1 \cdot (\text{loffset}' - \text{loffset}) \\ \alpha &\leftarrow \alpha + K2 \cdot (\alpha' - \alpha) \end{aligned}$$

Fig. 20

